



Bolkardağı Birliği Devoniyen Yaşlı Metakumtaşlarının Petrografisi ve Jeokimyası: Sedimanter Süreçler, Provens ve Tektonik Ortam İçin Bazı Sınırlamalar

Petrography and geochemistry of Devonian aged metasandstones of Bolkardağı Unit: some constraints on sedimentary processes, provenance and tectonic environment

Ömer BOZKAYA¹, Hüseyin YALÇIN², Remzi ERYILMAZ³

¹Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Kınıklı Kampüsü, 20070 DENİZLİ

²Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 SİVAS

³MTA Orta Anadolu 1. Bölge Müdürlüğü, 58070 SİVAS
(e-posta:yalcin@cumhuriyet.edu.tr)

ÖZ

Orta (Bozkır-Konya, İsalı formasyonu Gerez üyesi) ve Doğu (Kangal-Sivas, Kangal formasyonu Bakırtepe üyesi) Toroslar'da allohton Bolkardağı Birliği'ne ait Devoniyen yaşlı metakumtaşları; başlıca kuvars (monokristalin ve polikristalin), feldispat (mikroklin ve plajiyoklaz), fillosilikat (illit, klorit, C-V, C-S ve dikit) ve kayaç parçaları (fillit ve kuvarsit) içermektedir. Polikristalin kuvars, mikroklin ve fillitik kayaç parçaları Bakırtepe üyesinde, plajiyoklaz ise Gerez üyesinde daha yüksek miktarda bulunmaktadır. Gerez üyesi genellikle kuvars arenit, Bakırtepe üyesi ise subarkoz bileşimli metakumtaşları ile temsil olunmaktadır. Devoniyen yaşlı metakumtaşları, altında ve üstündeki aynı yaşlı birimlere göre litolojik (kum boyu silisiklastik kayaçların baskınlığı) ve mineralojik (daha fazla feldispat ve kuvars içermesi, 1M illitlerin ortaya çıkması, farklı fillosilikat birliktelikleri) farklılıklara sahiptir. Metakumtaşları, yüksek SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ ve K₂O içeriği ile karakteristik olup; feldispat türlerine bağlı olarak Bakırtepe üyesi Gerez üyesine göre K₂O içeriği bakımından zengin, buna karşın CaO ve Na₂O içerikleri bakımından daha fakirdir. Metakumtaşlarının kondrite normalize iz element dağılımlarına göre; Bakırtepe ve Gerez üyeleri birbirinden ayrılmakta ve hem sedimanter hem de magmatik kökenli kaynak alanlardan beslendiğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak; Bolkardağı Birliği'nin birimleri yaş, stratigrafik konum ve litolojik benzerlikler sunmakla birlikte, kaynak alanı, çökmesi ve diyajenez/metamorfizma tarihçesi açısından önemli farklılıklar içermektedir. Bu farklılıklar, kesiksiz bir sedimantasyondan ziyade, olasılıkla Torosların kuzey birliklerine özgü Variskan orojenezini ile ilişkili transgresyonla provensteki ani değişimlerden kaynaklandığı biçiminde değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toros Kuşağı, Bolkardağı Birliği, Kil/Fillosilikat, Petrografi, Jeokimya

ABSTRACT

The Devonian metasandstones from allocthonous Bolkardağı Unit outcropping in Central (Bozkır-Konya, İsalı formation Gerez member) and Eastern (Kangal-Sivas, Kangal formation Bakırtepe member) Taurides mainly include quartz (monocrystalline and polycrystalline), feldspar (microcline and plagioclase), phyllosilicate (illite, chlorite, C-V, C-S and dickite) and rock fragments (phyllite and quartzite). Polycrystalline quartz, microcline and phyllitic rock fragments found as higher amounts in the Bakırtepe member, but plagioclase in the Gerez member. The metasandstones are represented by a composition of quartz arenite in the Gerez member, whereas of subarkose in the Bakırtepe member. Devonian metasandstones have differences such as lithologic (dominance of sand-size siliciclastic rocks) and mineralogic (more feldspar and quartz, appearance of 1M illites, different phyllosilicate assemblages) with respect to overlying and underlying units with same age. Metasandstones were characterized by high contents of SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ and K₂O, and Bakırtepe member is rich in K₂O but poor in CaO and Na₂O in comparison with those of the Gerez member depending on feldspar types. Bakırtepe and Gerez members are separated from one another and fed largely from both sedimentary and magmatic sources according to the ratios of chondrite-normalized trace elements. As a conclusion; The members of Bolkardağı Unit have the same age and similar stratigraphic setting and lithologies, however some important differences with respect to their sources, sedimentations and diagenetic/metamorphic histories. These differences were evaluated as sudden changes in provenance through transgression related to Variscan orogeny peculiar to northern units of Taurides rather than continuous sedimentation.

Key Words: Tauride Belt, Bolkardağı Unit, Clay/Phyllosilicate, Petrography, Geochemistry

GİRİŞ

İnceleme alanı allokton Bolkardağı Birliği'nin Orta Toroslar (Bozkır-Konya) ve Doğu Toroslar (Kangal-Sivas) biçiminde iki bölge ile sınırlanmış olup; Bozkır bölgesi Konya N 27-c2, c3 ve N28-d1, d2, d3, d4 nolu 1 : 25.000 ölçekli topoğrafik paftaların kesiştiği yaklaşık 500 km², Kangal bölgesi ise Divriği J 39-d2 paftası içerisindeki yaklaşık 125 km² lik bir kesimi kapsamaktadır.

İnceleme alanının yer aldığı Torid-Anatolid Platformu bir Alpin kıtasal mikrolevhasını temsil etmekte olup, Geç Kretase yaşlı Alpin orojenezi nedeniyle Neotetis okyanusunun kapanması ve çarpışma sonucu kabuk kalınlaşmasına uğramıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Göncüoğlu ve diğ., 1997). Toridleri oluşturan naplar veya tektono-stratigrafik

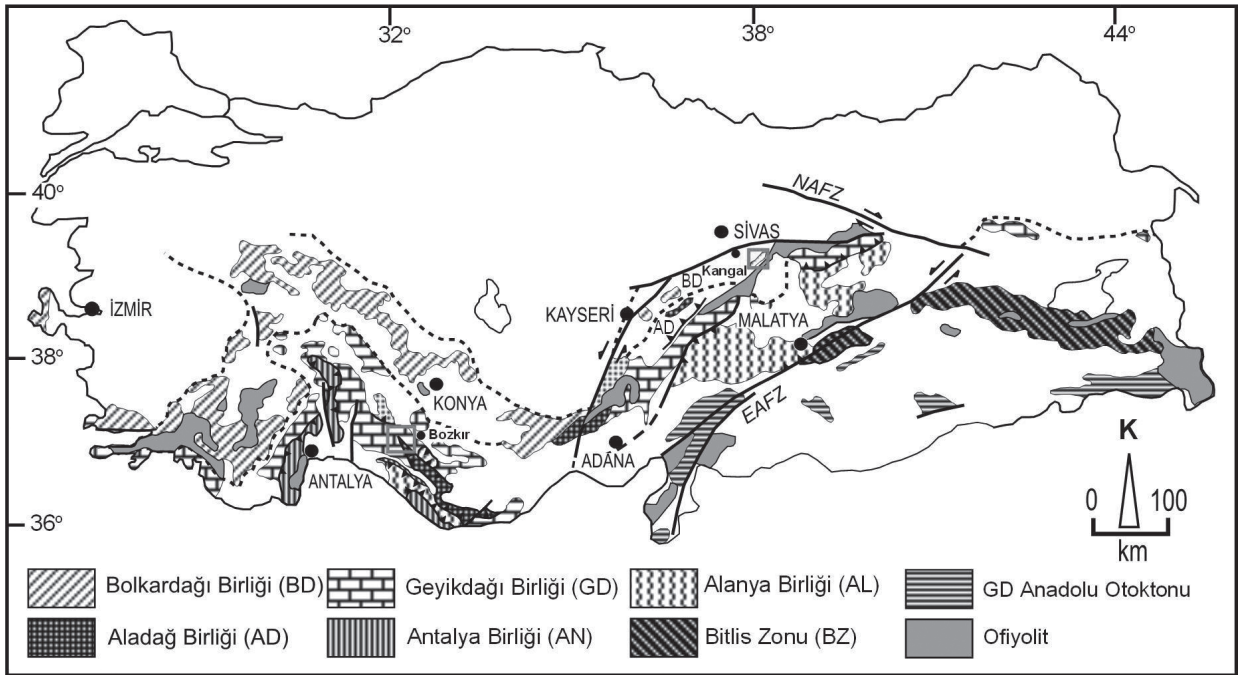
birliklerden kuzey kökenli allokton Bolkardağı ve Aladağ birlikleri güneye doğru, güney kökenli allokton Antalya ve Alanya Birlikleri ise kuzeye görelî veya para-otokton Geyikdağı Birliği (Özgül, 1976) üzerine bindirmişlerdir (Şekil 1). Geyikdağı Birliği kısmen kesiksiz ve metamorfizmadan daha iyi korunmuş istifler sergilerken, allokton birliklerden özellikle Bolkardağı Birliği çok düşük dereceli metamorfizma koşullarını yansıtmakta ve Devoniyen'den daha yaşlı birimleri içermemektedir.

Toros Kuşağı'ndaki Paleozoyik-Alt Mesozoyik yaşlı otokton ve allokton (Bozkaya ve Yalçın, 2007; Bozkaya ve diğ., 2011), ayrıca Karakaya Karmaşığı (Tetiker ve Yalçın, 2010) birimlerindeki metakumtaşlarının petrografik, petrolojik ve jeokimyasal özellikleri; kaynak bölge, kaynak kayaç, köken ve/veya jeotektonik

konumu ve bölgenin paleocoğrafik evriminin yorumlanmasına ilişkin önemli veriler sunabilmektedir. Bu çerçevede, Bolkardağı Birliği, Sorkun Grubuna ait İsalı formasyonu–Gerez üyesi (Bozkır-Konya) ve Kangal formasyonu–Bakırtepe üyesi (Kangal-Sivas) olarak adlandırılan Orta-Üst Devoniyen yaşlı metakumtaşları incelenerek; iki farklı bölge ve aynı orojenik kuşağa ait olan Devoniyen yaşlı eşdeğer birimlerin mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin ortaya konulması ve birbirleriyle deneştirilmesi, ayrıca metakumtaşlarının diyajenez sonrası evrimleri (diyajenez ve/veya metamorfizma dereceleri) ve jeotektonik konumlarının belirlenmesi yoluna gidilmiştir.

JEOLJİK KONUM

Konya ilinin güneyinde yer alan Bozkır ilçesi civarındaki Bolkardağı Birliği'ne ait Devoniyen-Kretase yaş aralığına sahip diyajenetik-çok düşük dereceli metamorfik birimler, önceki araştırmacılarca; Güney İç Anadolu Birliği (Özgül, 1971), Beyşehir Hoyran napları içerisinde değerlendirilen "Hadim Napı" (Monod, 1977; Gutnic ve diğ., 1979) ve Sülek Karmaşığı ile birlikte Bozkır Allohtonu içerisinde değerlendirilen "Sorkun Grubu" (Özçelik, 1984, 1985) olarak adlandırılmıştır. Orta Toroslar'da yer alan Hadim naplarından Bozkır Birliği'nin, Senoniyen'de Bolkar ve Aladağ birlikleri üzerine, daha sonra bu üç birliğin Lütesiyen'de Geyikdağı



Şekil 1. Güney Anadolu'nun tektonik birlikleri (Özgül, 1976; Göncüoğlu ve diğ., 1997) ve inceleme alanlarının coğrafik konumu.

Figure 1. Tectonic units of South Anatolia (Özgül, 1976; Göncüoğlu et al., 1997) and geographic settings of the studied areas.

Birliği üzerine kuzeyden güneye doğru yerleştiği belirtilmektedir (Özgül, 1976, 1983).

Bozkır yöresindeki Sorkun Grubu, İsalı (Orta-Üst Devoniyen), Çelmeliler (Karbonifer), Karadağ (Permiyen), Bartlı (Triyas), Hacıömer (Jura) ve Akalan (Kretase) formasyonlarından oluşmaktadır. İncelemenin konusunu oluşturan Devoniyen yaşlı İsalı formasyonu Özçelik (1984 ve 1985) tarafından beş üyeye ayrılmıştır. Bu birim alttan üste doğru Yanık (metasiltaşı arakatkılı sleyt), Aygır (metadolomit ve metakireçtaşı), Hesapalanı (metakumtaşı, metasiltaşı ve metakireçtaşı arakatkılı sleyt), Gerez (sleyt arakatkılı metakumtaşı) ve Doğruyol (metadolomitik kireçtaşı) üyelerinden oluşmaktadır. Formasyonun en alt üyesini oluşturan Yanık üyesi, yaklaşık 250 m kalınlığa sahip olup, Kuruçay yöresinde gri, krem ve yer yer pembe renkli 5-10 ve 30-40 cm kalınlığa sahip meta-kireçtaşı ve ender olarak meta-siltaşı arakatkıları içeren gri, yer yer de yeşil renkli karbonatlı arduvazlar (veya sleyt) yer almakta iken, Karacahisar yöresinde hemen hemen tümüyle gri-yeşil renkli ve daha parlak görümlü arduvazlar karakteristiktir (Bozkaya ve Yalçın, 1997). Alt-Devoniyen yaşlı birimdeki arduvazlarda dilinimin yanı sıra yer yer makroskopik buruşma klivajları da gözlenmektedir. Yanık üyesinin üzerinde yer alan Aygır üyesi iki farklı alanda yüzlek vermekte olup, yaklaşık 400 m kalınlığındadır. Birim büyük ölçüde gri-krem, yer yer de beyazımsı-sarımsı renkli meta-dolomitler ve daha az da gri-siyah renkli meta-kireçtaşları olmak üzere tümüyle meta-karbonatlardan oluşmaktadır. Yaklaşık 600 m kalınlığa sahip Hesapalanı üyesinin egemen litolojisini gri-yeşil ve ender olarak da yeşilimsi-kahve ve beyazımsı, parlak, yer yer mat görümlü arduvazlar oluşturmaktadır. Yer yer buruşma klivajlarınınında izlenebildiği arduvazlarla arakatkılı olarak, gri-siyah yer yer krem renkli metakumtaşı (15-30 cm), yeşilimsi-kahverengi metasiltaşı (10-15cm) ve gri-siyah

renkli metakireçtaşları (15-20cm) gözlenmektedir. Gerez üyesi, yaklaşık 90 m görünür kalınlığa sahip olup, başlıca yeşil ve daha az da beyaz-krem renkli 20-30 cm kalınlıktaki metakumtaşı ve yer yer de gri-yeşil renkli metasiltaşı arakatkılı (10-15 cm) gri-yeşil arduvazlardan oluşmaktadır. Arduvazlar daha mat görünüm sunması ve daha sert olmasıyla diğer üyelerdekilerden ayrılmaktadır (Yalçın ve Bozkaya, 1997). Doğruyol üyesi litolojik olarak siyahımsı-gri renkli, orta katmanlı, yer yer dolomitik, kısmen de kristalize kireçtaşıdan oluşmaktadır. Mikroskopik olarak bol fosil (mercan) içermektedir.

Kangal-Alacahan yöresi, Toros kuşağına ait Bolkardağı Birliği'nin (Özgül, 1976) kuzeydoğu ucunu temsil etmekte olup, bölgede yüzeyleyen Paleozoyik yaşlı ve düşük dereceli metamorfik kayalar Gültekin (1993) tarafından Kangal Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Kangal formasyonu alttan üste doğru; Kınalar, Bakırtepe, Düzce ve Höyüktepe üyelerinden oluşmaktadır. Kangal formasyonunun en alttaki birimi olan Kınalar üyesinin alt sınırı görülememektedir (Yalçın ve Bozkaya, 1997; Yılmaz ve Yılmaz, 2004). Kınalar üyesi egemen litoloji olarak, koyu yeşilimsi, gri ve boz renklerde olup, yüzeyel alterasyon nedeniyle kırmızımsı ve grimsi-sarı renklerde görünen geniş yayımlı arduvazlardan oluşmaktadır. Kınalar üyesinin üzerindeki birim, Gültekin'in (1993) "Bakırtepe metakumtaşı üyesi" adlamasının coğrafik bölümü korunarak düşük dereceli metakumtaşlarından oluştuğu gözetilerek Yalçın ve Bozkaya'nın (1997) Bakırtepe üyesi adlaması esas alınmıştır. Yaklaşık 200 m kalınlığa sahip Bakırtepe üyesinin egemen litolojisini gri-siyah renkli, ince tabakalanmalı, yer yer mikali olan anki-metakumtaşları ve bunlarla ara katkılı (10-100 cm) yeşil renkli anki-metateşeyl ve/veya arduvazlar oluşturmaktadır. Bakırtepe üyesi devrik senklineal kuzeybatı kanadında 20 m'lik fay zonunda breşik metakumtaşları ve silisli demir oluşumları (limonit, götit, hematit, pirit)

içermektedir. Düzce üyesi, bordo-pembe renkli, çoğunlukla mat, yer yer parlak görünömlü anki-metaşeyl ve kahvengi-siyah renkli ince taneli metakumtaşı (yer yer metasilttaşı) ardalanması ile temsil edilmektedir. 50-100 cm 'lık gri renkli, fosilli metakireçtaşı arakatıkları da gözlenmektedir. Birim bol miktarda makrofosil içermektedir. Höyüktepe üyesini silttaşı ve kumtaşı ile ender olarak şeyl/metaşeyl arakatıkları içeren gri-sarı renkli, ince tabakalı, fosilli kristalize kireçtaşları oluşturmaktadır. Birimin görünür kalınlığının yaklaşık 100 m olduğu belirtilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bolkardağı Birliği'ne ait Devoniyen yaşlı metakumtaşlarını içeren İsalı formasyonu Gerez üyesinden 13 adet ve Kangal formasyonu Bakırtepe üyesinden 22 adet olmak üzere toplam 35 adet kayaç örneği alınmıştır. Kayaç örneklerinden ince kesite dayalı optik mikroskopi (OM), X-ışınları kırınımı (XRD) (tüm kayaç-TK ve kil fraksiyonu-KF, b_0 , politipi) incelemeleri ve kimyasal analizler (tüm kayaç ana, iz ve nadir toprak element) gerçekleştirilmiştir. Bunlardan mineralojik-petrografik incelemeler bütünüyle Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kırma-Öğütme-Eleme, Kil Ayırma ve Mineraloji-Petrografi ve Jeokimya Araştırma Laboratuvarları'nda (MİPJAL), kimyasal analizler ise Activation Laboratuvarları'nda (Actlab, Ontario-Kanada) gerçekleştirilmiştir.

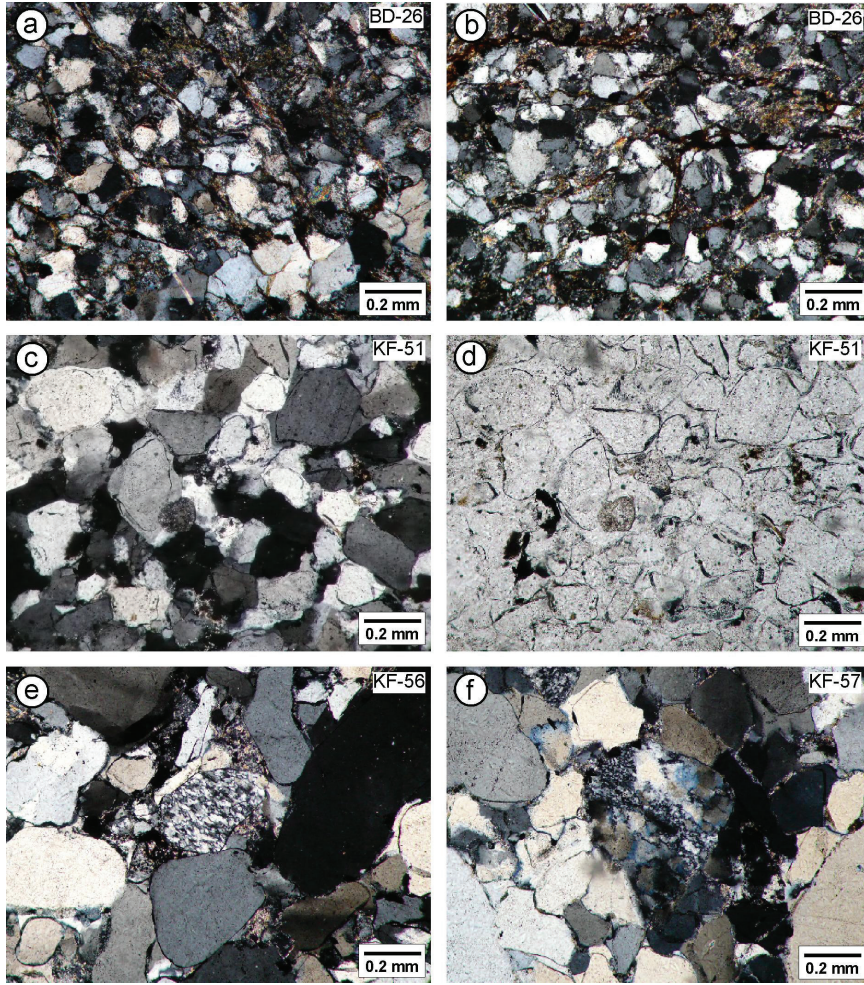
OM ve XRD yöntemlerinin ayrıntıları yazarların yayınlarında (örneğin; Yalçın ve Bozkaya, 2002), tüm-kayaç kimyasal analizlerin iş akışı ise ilgili laboratuvarın internet sayfasında verilmiştir.

PETROGRAFI

Detritik Bileşenler

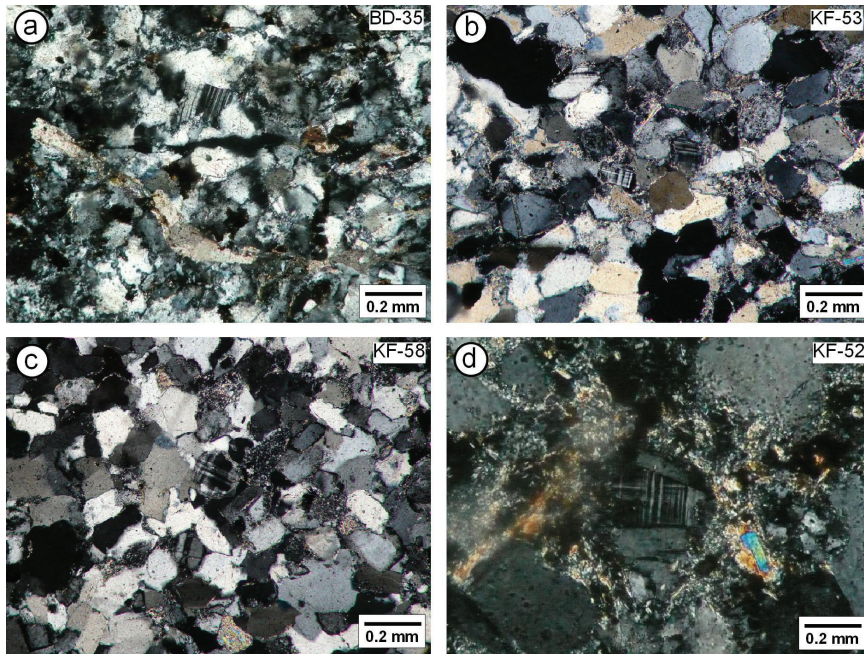
Metakumtaşlarındaki silis minerallerini çoğunlukla monokristalin, daha az da polikristalin kuvarslar oluşturmaktadır. Metakumtaşlarında tipik olarak gözlenen ve yer yer dalgalı sönme gösteren monokristalin kuvarslar (Şekil 2a-d), Gerez üyesinde silis minerallerinin yaklaşık % 98, Bakırtepe üyesinde ise % 93'ünü oluşturmaktadır. Bakırtepe üyesi metakumtaşlarında tipik olarak gözlenen polikristalin kuvarslar, monokristalin kuvarslara göre daha belirgin dalgalı sönmeye sahip olup, birbirleriyle girift dokulu ve eşboyutlu-poligonal kristal birliktelikleri şeklinde ayırt edilmektedir (Şekil 2e-f). Yarı yuvarlak-yarı köşeli ve iyi-çok iyi boylanma sunan kuvarslar matrisle girift sınır ilişki sunmakta olup, bu özellik Bozkır yöresi metakumtaşlarında daha belirgin gözlenmektedir (Şekil 2a-b). Matrisin % 5'den az olduğu örneklerde, özellikle Kangal yöresi metakumtaşlarında detritik bileşenler yeniden kristallenme ürünü silis büyümeleri ile çevrelenmiştir (Şekil 2c-d).

Bozkır (Konya) yöresi İsalı formasyonu Gerez üyesi metakumtaşlarındaki feldispat minerallerini başlıca plajiyoklaz oluşturmakta, buna karşın Kangal (Sivas) yöresi Kangal formasyonu Bakırtepe üyesi metakumtaşlarında ise başlıca mikroklin daha az da ortoklaz ve plajiyoklaz (albit-oligoklaz) gözlenmektedir (Şekil 3). Toplam feldispat miktarı Bakırtepe üyesi metakumtaşlarında yüksek, buna karşın Gerez formasyonunda daha düşüktür. XRD incelemeleri ile de kanıtlandığı üzere; mikroklinler Bakırtepe üyesine ait metakumtaşlarında egemen feldispat minerali olup, genellikle killeşme ve serizitleşme gibi bozunmalar göstermemektedir (Şekil 3b-d). Plajiyoklazların sönme açıları 15-20° arasında değişmekte olup, Michel Levy yöntemine göre % 50 den az anortit bileşimini (albit-oligoklaz-andezin) yansıtmaktadır. Plajiyoklazlar ikizlenme düzlemlerinin belirgin olmamasıyla karakteristiktir (Şekil 3a-c). İyi boylanma sergileyen plajiyoklaz taneleri genellikle yarı yuvarlak-yarı köşelidir.



Şekil 2. Metakumtaşlarının OM fotoğrafları (çift nikol=çn, tek nikol=tn), a) Serizitik matriks bağlayıcı, iyi boylanmış ve yarı köşeli/yarı yuvarlaklaşmış monokristalin kuvarslar (Gerez üyesi, metasubarkoz, çn), b) Serizitik matriksle girift sınır ilişkisine sahip, iyi boylanmış, yarı yuvarlaklaşmış monokristalin kuvarslar ve daha iri taneli girift sınırlı polikristalin kuvarslar (Gerez üyesi, metasubarkoz, çn), c-d) Bütünüyle ikincil silis büyümeleri ile çimentolanmış yarı yuvarlaklaşmış ve iyi boylanmış monokristalin kuvarslar (Bakırtepe üyesi, metasubarkoz, c-çn, d-tn), e) Orta-iyi boylanmış monokristalin kuvarslar ve uzamış ve kısmen girift sınırlı kuvars kristallerinden oluşan polikristalin kuvarslar (Bakırtepe üyesi, metasubarkoz, çn), f) Orta boylanmış ve yarı yuvarlak monokristalin kuvarslar ve bunlara eşlik eden yönlendirilmiş ve girift sınırlı kuvarslardan oluşan polikristalin kuvarslar (Bakırtepe üyesi, metakuvars arenit, çn).

Figure 2. OM microphotographs of metasandstones (crossed nicol=cn, open nicol=on), a) Well sorted and subrounded/subangular monocrystalline quartz with groundmass of sericitic matrix (Gerez member, metasubarkose, cn), b) Suture relations between well sorted-subrounded monocrystalline quartzs and sericitic matrix, and coarser grained polycrystalline quartzs with suture boundary relation (Gerez member, metasubarkose, cn), c-d) Subrounded and well sorted monocrystalline quartzs cemented with completely secondary silica growths (Bakırtepe member, metasubarkose, c-cn, d-on), e) Moderate-well sorted monocrystalline quartzs, and polycrystalline quartzs forming elongated and partly sutured boundary monocrystalline quartzs (Bakırtepe member, metasubarkose, cn), f) Moderate sorted and subrounded monocrystalline quartzs, and polycrystalline quartzs forming quartzs with elongated and sutured boundary (Bakırtepe member, metakuvars arenite, cn).



Şekil 3. Metakumtaşlarının OM fotoğrafları (çn), a) İyi boylanmış, silis çimentolu ve karbonat dolgulu çatlaklar içeren metakumtaşı örneğinde yarı yuvarlaklaşmış plajiyoklazlar (Gerez üyesi, metasubarkoz), b) Orta-iyi boylanmış metakumtaşı örneğinde yarı yuvarlak mikroclinler (Bakırtepe üyesi, metasubarkoz), c) İyi boylanmış ve silis çimentolu metakumtaşı örneğinde yarı yuvarlak mikroclin ve plajiyoklaz mineralleri (Bakırtepe üyesi, metasubarkoz), d) Serizitik bağlayıcı ile girift sınır ilişkili mikroclin (Bakırtepe üyesi, metafeldispatik grovak).

Figure 3. OM microphotographs of metasandstones (cn), a) Subrounded plagioclases within well sorted and silica-cemented sandstone sample including carbonate-filled cracks (Gerez member, metasubarkose), b) Subrounded microclines within well sorted sandstone sample (Bakırtepe member, metasubarkose), c) Subrounded microcline and plagioclase minerals within well sorted and silica-cemented sandstone sample (Bakırtepe member, metasubarkose), d) Microcline with sericitic groundmass and suture boundary relation (Bakırtepe member, metafeldspathic greywacke).

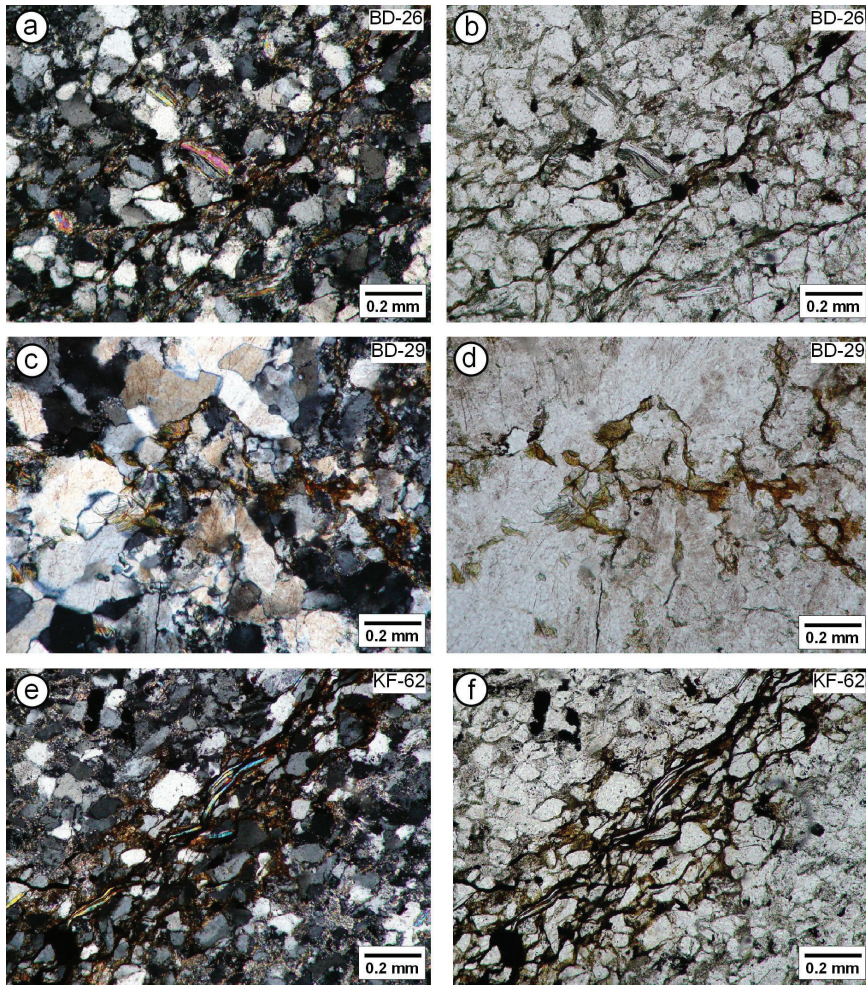
Fillosilikat mineralleri metakumtaşlarında bağlayıcı malzeme ve feldispatlardan itibaren bozunma ve detritik bileşen olarak üç farklı şekilde gözlenmektedir. Bağlayıcı malzeme konumundaki fillosilikatlar; Gerez formasyonun illit, klorit ve kloritli aratabakalılar, Kangal formasyonunda illit ve kaolinit biçimindedir. Bozunma ürünü fillosilikatlar, optik mikroskopik gözlemlere göre genellikle ortoklazlardan itibaren killeşme ve serizitleşme biçiminde olup, başlıca illit, daha az miktarda klorit ve kaolinit oluşumu söz konusudur.

İsalı formasyonu Gerez üyesine ait örneklerde klorit-mika istifleri olarak adlandırılan (Voll, 1960; Craig ve diğ., 1982; Krinsley ve diğ., 1983) detritik mikalar gözlenmiştir (Şekil 4a-b). Klorit-mika istifleri gerilmeli basenleri işaret eden karakteristik dokusal veriler biçiminde değerlendirilmekte (Merriman ve Frey, 1999; Merriman, 2005) olup, Toros kuşağındaki birliklerde de yaygın olarak saptanmıştır (Bozkaya ve Yalçın, 2000; 2004; Bozkaya ve diğ., 2002; 2006).

Fillosilikat mineralleri detritik taneler ve matriks dışında zaman zaman silis dolgulu çatlaklarda otijenik ve/veya neoformasyon ürünü olarak iri yaprakçıklar biçiminde oluşabilmektedir (Şekil 4c-d). Bu tür oluşumlarda; başlangıçta ince taneli olarak gelişen kloritler biçiminde meydana gelmekte, artan diyajenez/metamorfizma derecesiyle birlikte kristal boyutları daha da artmaktadır. Detritik mika mineralleri; incelenen metakumtaşlarından Gerez üyesine ait bir örnek dışında, eser miktarda gözlenmektedir. Mika minerallerini en fazla içeren KF-62 nolu örnekte (Şekil 4e-f), mikaların belirgin bir yönlenme dokusu kazandırdıkları göze çarpmaktadır. Metakumtaşlarındaki yönlenmeye, mika minerallerinin yanı sıra monokristalin kuvarsların uzun eksenlerinin de eşlik etmektedir. Başlıca muskovit ve daha az miktarda biyotitlerle temsil edilen mika mineralleri (Şekil 4b), {001} istiflenme düzlemlerine paralel ince-uzun ve kısmen bükülmüş levhalar halinde gözlenmektedir. Mika minerallerince zengin zonlarda opak minerallerin de artış söz konusudur.

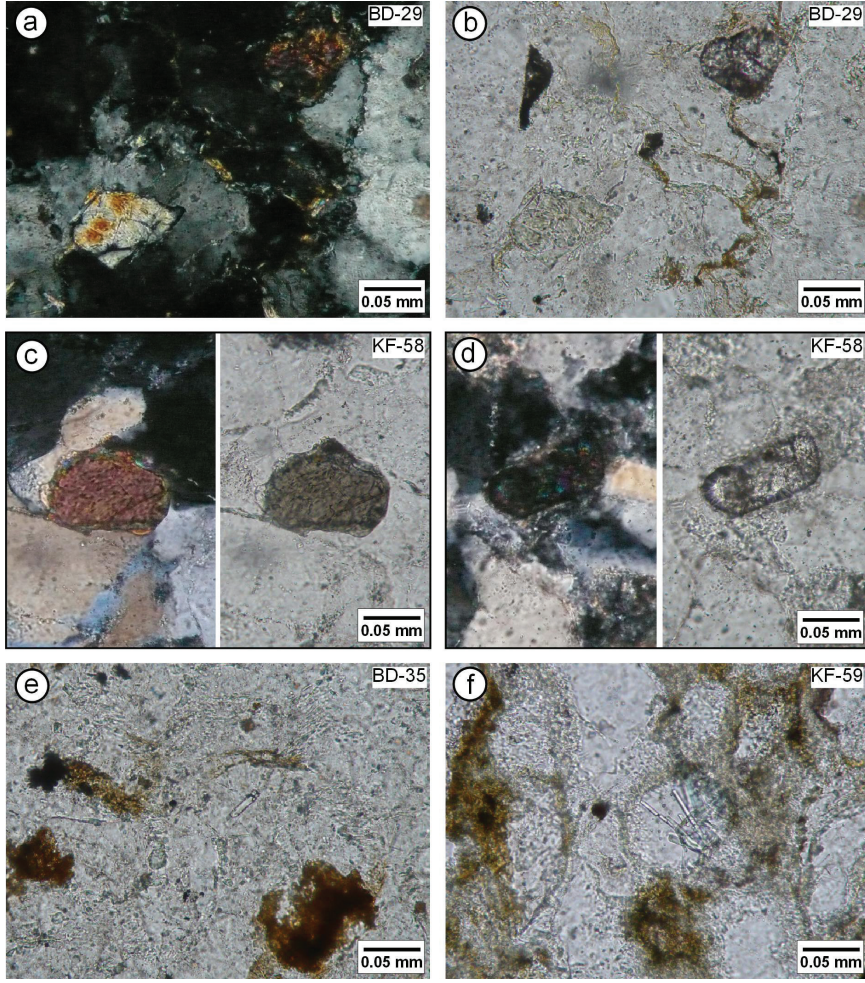
İncelenen örneklerde ağır mineraller olarak başlıca zirkon, turmalin, apatit ve opak mineraller belirlenmiştir. Zirkon ve opak mineraller tüm örneklerde, turmalin (Şekil 5a-d) ve apatit (Şekil 5e-f) ise bazı örneklerde gözlenmiştir.

Metakumtaşlarında genellikle yönlenmesi ve serizit içermesiyle karakteristik sleyt/fillit türü metamorfik ve porfirik dokusulu volkanik kayaç parçaları gözlenmiştir. Girift sınır ilişkili kuvars kristalleri içerisinde iri serizitik pullar içermesi ve belirgin yönlenme göstermeleriyle ayırt edilebilen sleyt/fillit parçaları, Gerez ve Bakırtepe üyelerinin her ikisinde, buna karşın volkanik kayaç parçaları yalnızca Bakırtepe üyesinde belirlenmiştir (Şekil 6a-f). Bakırtepe üyesinde ender olarak turmalin içeren metamorfik kayaç parçaları ve porfirik dokulu volkanik kayaç parçaları da gözlenmektedir (Şekil 6e-f). Metamorfik kayaç parçaları bazı örneklerde kuvars ve feldispatlardan daha küçük boyutlu (Şekil 6 c-d), bazı örneklerde ise daha büyük boyutludur (Şekil 6e-f).



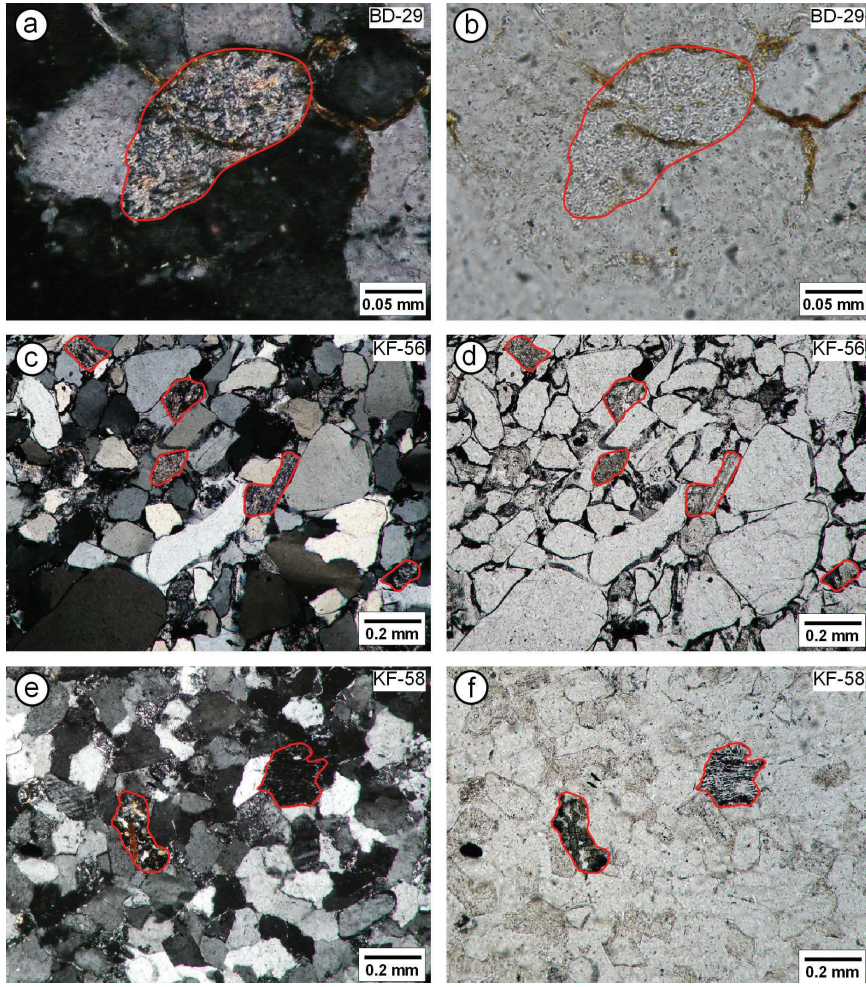
Şekil 4. Metakumtaşlarının OM fotoğrafları, a-b) Serizit-klorit matriksli iyi boylanmalı zayıf ve kaba klivaj düzlemlerine sahip metakumtaşı örneğinde klorit-mika istifleri (Gerez üyesi, metasubarkoz, a-çn, b-tn), c-d) Silis dolgulu damarlar içerisinde yarı yelpaze biçimli, ışınal dizimli otijenik ve/veya neoformasyon kökenli klorit oluşumları (Gerez üyesi, metakuvars arenit, c-çn, d-tn), e-f) Serizit matriksli, iyi boylanmış metakumtaşı örneğinde yönlenme gösteren ince-uzun, kısmen bükülmüş opaklaşmış biyotit ve muskovitler ile bunlara eşlik eden klorit mika-istifleri ve opak minerallerce zengin seviyeler (Bakırtepe üyesi, metafeldspatik grovak, e-çn, f-tn).

Figure 4. OM microphotographs of metasandstones, a-b) Chlorite-mica stacks within the metasandstone sample with sericitic-chloritic matrix, well sorting and weak-coarse cleavage planes (Gerez member, metasubarkose, a-cn, b-on), c-d) Semifan-shaped and radial chlorite occurrences with origin of authigenic and/or neoformation within the silica-filled veins (Gerez member, metaquartz arenite, c-cn, d-on), e-f) Thin-long, partly curved and opacified biotites and muscovites associated with chlorite-mica stacks, and levels rich in opaque minerals (Bakırtepe member, metafeldspathic greywacke, e-cn, f-on).



Şekil 5. Metakumtaşlarının OM fotoğrafları, a-b) Girift tane sınırlı kuvarslara eşlik eden yarı yuvarlak turmalin ve yuvarlak zirkon taneleri (Gerez üyesi, metakuvars arenit, a-çn, b-tn), c) Yarı yuvarlak turmalin tanesi (Bakırtepe üyesi, metasubarkoz, çn-tn), d) Yuvarlak zirkon tanesi (Bakırtepe üyesi, metasubarkoz, çn-tn), e) Girift sınırlı kuvarslar içerisinde çubuksu prizmatik ve yuvarlağımsı apatit taneleri (Gerez üyesi, metasubarkoz, tn), f) İyi boylanmalı ve girift sınırlı kuvarslar içerisinde çubuksu/iğnemsi apatitler (Bakırtepe üyesi, metafeldspatik grovak, tn).

Figure 5. OM microphotographs of metasandstones, a-b) Subrounded tourmaline and rounded zircon grains associated with sutured quartzs (Gerez member; metaquartz arenite, a-cn, b-on), c) Subrounded tourmaline grain (Bakırtepe member; metasubarkose, cn-on), d) Rounded zircon grain (Bakırtepe member; metasubarkose, cn-on), e) Platy prismatic and rounded apatite grains within the sutured quartzs (Gerez member; metasubarkose, on), f) Prismatic/accicular apatites within well sorted and sutured quartzs (Bakırtepe member; metafeldspathic greywacke, on).



Şekil 6. Metakumtaşlarının OM fotoğrafları, a-b) İyi yuvarlak, serizit içeren yönlü sleyt/fillit türü metamorfik kayaç parçası (Gerez üyesi, metakuvars arenit, a-çn, b-tn), c-d) Orta-iyi boylanmalı metakumtaşlarında yarı köşeli-yarı yuvarlak, monokristalin kuvarslardan daha küçük tane boyutlu sleyt/fillit parçaları (Bakırtepe üyesi, metasubarkoz, c-çn, d-tn), e-f) İyi boylanmalı metakumtaşlarında, kuvars ve feldispatlara göre daha büyük boyutlu, yarı yuvarlak turmalinli ve porfirik dokulu volkanik kayaç parçaları (Bakırtepe üyesi, metasubarkoz, a-çnol, b-tn).

Figure 6. OM microphotographs of metasandstones, a-b) Well rounded and sericite-bearing oriented slate/phyllite type of metamorphic rock fragment (Gerez member, metaquartz arenite, a-cn, b-on), c-d) Slate/phyllite fragments, less grained than subrounded monocrystalline quartzs in the moderate-well sorted metasandstones (Bakırtepe member, metasubarkose, c-cn, d-on), e-f) Tourmaline-bearing rock fragment and subrounded prophyritic textured volcanic rock fragment larger than quartz and feldspars in the well sorted sandstones (Bakırtepe member, metasubarkose, a-cn, b-on).

Bağlayıcı Bileşenler

İncelenen metakumtaşlarının bağlayıcısını büyük ölçüde serizitleşmiş, kloritleşmiş ve kısmen kaolinleşmiş matriks ile ikincil kuvars büyümeleriyle ilişkili silis çimento oluşturmaktadır (Şekil 7).

Matriksi oluşturan mineraller; Gerez üyesi örneklerinde illit+klorit+C-V iken, Bakırtepe üyesi örneklerinde illit+dikit biçimindedir. Bu tür mineralojik farklılıklara, dokusal özellikler arasındaki farklılıklar da eşlik etmektedir. Serizitik bağlayıcı miktarının yüksek olduğu kayalarda artan diyajenez/metamorfizma derecesiyle birlikte kuvars ve feldispat taneleri ile matriks arasında girift/süturlu sınır ilişkisi söz konusudur (Şekil 7f).

Dokusal Özellikler

Metakumtaşları; Gerez üyesinde ince kum ve kaba silt (0.1-0.2 mm ve 0.03-0.06 mm) ve Bakırtepe üyesinde ise büyük ölçüde orta kum (0.2-0.5 mm), daha az da kaba ve ince kum (0.5-1.5 mm ve <0.2 mm mm) boyu bileşenlerden oluşmaktadır.

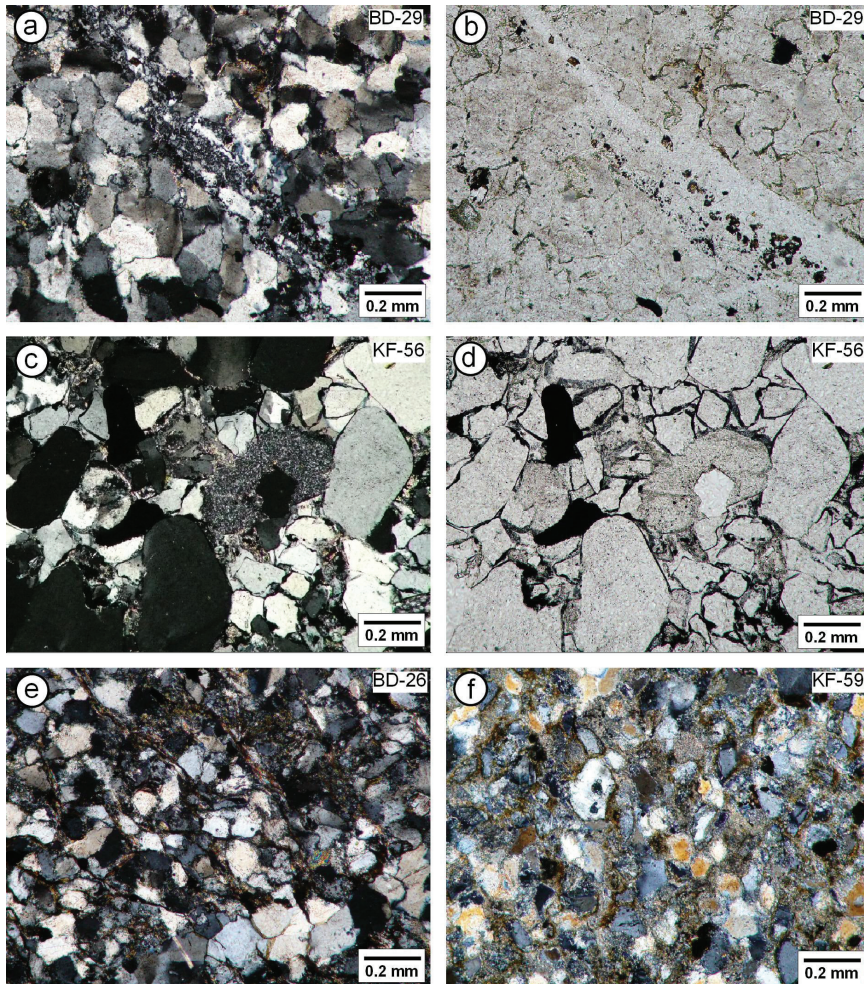
Boylanma dereceleri, Gerez ve Bakırtepe üyesi metakumtaşları için iyi-çok iyi, bazı örneklerde orta-iyi olarak belirlenmiştir. Gerez üyesi metakumtaşları genellikle daha iyi boylanmalı iken (Şekil 7a-b) Bakırtepe üyesi metakumtaşlarında boylanma derecesi orta ve kötü olabilmektedir (Şekil 7c-d). İncelenen metakumtaşlarının monokristalin kuvars içeriklerinin yüksek, buna karşın plajiyoklaz içeriklerinin düşük olması mineralojik açıdan olgunlaştıklarını göstermektedir. Metakumtaşları ve metasilttaşlarında kuvars ve feldispat taneleri

ile matriksteki serizit ve kloritler arasında girift/süturlu sınır ilişkisi sözkonusudur. Metakumtaşlarında yaygın olan bu veriler ileri diyajenez/çok düşük dereceli metamorfizma sırasındaki dokusal değişimleri yansıtmaktadır (Şekil 7f).

X-IŞINLARI KIRINIMI MİNERALOGİSİ

Gerez üyesi metakumtaşlarında başlıca kil/fillosilikat, kuvars ve feldispat (ortoklaz ve plajiyoklaz) mineralleri saptanmıştır. Örneklerin hemen hemen tümünde kuvars + feldispat + fillosilikat/kil birlikteliği gözlenmektedir. Kil minerallerini illit, klorit, C-V ve C-S oluşturmaktadır. En yaygın kil mineral birlikteliğini illit + klorit + C-V oluşturmaktadır. İllit + klorit, illit + C-V + C-S, illit + C-S belirlenen diğer fillosilikat topluluklarıdır.

Bakırtepe üyesi metakumtaşlarında başlıca kuvars, feldispat (büyük ölçüde mikroklin) ve fillosilikat mineralleri içermektedir. Bu mineraller tüm örneklerde gözlenmekte olup, ortalama değerlerine göre bolluk sırası kil, feldispat ve kuvars biçimindedir. Bazı örneklerde az miktarda götit mineralleri de belirlenmiştir. Birimin kil fraksiyonunu temsil eden mineralleri illit ve kaolinit/dikit oluşturmaktadır. En yaygın kil mineral birlikteliğini illit + kaolinit/dikit oluşturmakta, ayrıca yalnızca illit de gözlenmektedir. Kil minerallerinin ortalama bolluk sırası illit (% 90) ve dikit (%10) biçiminde sıralanmaktadır. Politipi incelemelerine göre Bakırtepe üyesi illitleri, Gerez üyesindekilere benzer biçimde $2M_1$, $1M$ ve $1M_d$ türlerini içermektedir



Şekil 7. Metakumtaşlarının OM fotoğrafları, a-b) İyi boylanmış metakumtaşlarında ikincil silis çimento ve ince kristalli silis dolgululu çatlaklar (Gerez üyesi, metakuvars arenit, a-çn, b-tn), c-d) Orta-kötü boylanmış metakumtaşlarında silis çimento ve gözenekte gelişmiş otijenik ışınal dikit oluşumları (Bakırtepe üyesi, metasubarkoz, a-çn, b-tn), e) İnce kum boyutlu, iyi boylanmış metakumtaşında düşük miktarda (< % 5) serizitleşmiş-kloritleşmiş matriks (Gerez üyesi, çn), f) İnce kum boyutlu, iyi boylanmış metakumtaşlarında yüksek miktarda (> % 15) serizit matriks ve sutureli sınır ilişkili kuvarslar (Bakırtepe üyesi, metafeldspatik grovak, çn).

Figure 7. OM microphotographs of metasandstones, a-b) Secondary silica cementing and fine silica-filled cracks in the well sorted metasandstones (Gerez member, metakuartz arenite, a-cn, b-on), c-d) Silica cementing and radial dickite occurrences developed in the pores from moderate-poorly sorted metasandstones (Bakırtepe member, metasubarkose, c-cn, d-on), e) Low amount (< % 5) of sericitized-chloritized matrix in the fine sand sized and well sorted metasandstone (Gerez member, çn), f) Large amount (> % 15) of sericitized matrix and sutured quartzes in the fine sand sized and well sorted metasandstone (Bakırtepe member, metafeldspathic greywacke, cn).

METAKUMTAŞLARININ PETROKİMYASI

Ana ve İz Element Bollukları

Metakumtaşlarının ana, iz ve nadir toprak element (NTE) analizleri Çizelge 1’de verilmiştir. En bol bulunan ana oksitlerin değerleri; metakumtaşlarının bileşenlerini oluşturan ana ve tali minerallerin ve kısmen kayaç parçalarının kimyasına karşılık gelmekte, buna karşın karbonat minerallerinin çok az ve/veya hiç içerilmediğini göstermektedir.

İncelenen metakumtaşlarında en önemli fark, Bakırtepe üyesi örneklerinin Gerez üyesi örneklerine göre K_2O ’ce zengin, CaO ve Na_2O ’ce daha fakir olmasıdır. Bu durum, Bakırtepe üyesi örneklerinin başlıca K-feldispat, Gerez üyesi örneklerinin ise plajiyoklaz içermesi ile uyumludur.

Bazı iz elementlerin açısından değerlendirildiğinde; birimlere göre örnekten örneğe değişkenlik gözlenmektedir. Bakırtepe üyesinde geçiş metallere sadece Sc; granitoid elementlerinden W; karışık davranışlı elementlerden As ve Sb; kalıcılığı düşük elementlerden Rb, Cs, Ba ve Ga; kalıcılığı yüksek elementlerden U; buna karşın Gerez üyesinde diğer elementler daha bol bulunmaktadır. Ortalama bollukları bakımından NTE’den La, Ce ve Pr Bakırtepe, diğer elementler ise Gerez üyesinde daha yüksek derişimlere ulaşmaktadır.

Petrografik ve Kimyasal Adlandırma/Sınıflandırma

Metakumtaşlarının modal mineralojik bileşimlerine göre (Çizelge 2); örneklerde; kuvars % 31-74 (ortalama % 60), feldispat % 1-15 (ortalama % 7), kayaç parçaları % 1-12 (ortalama % 4), ağır mineraller % 1-12 (ortalama % 4), matriks % 3-45 (ortalama % 15) ve çimento % 3-20 (ortalama % 10) arasında değişen miktarlara sahiptir. Bunlardan kuvarsları monokristalin ve polikristalin; kayaç parçacıklarını metamorfik ve sedimanter, ağır mineralleri ise muskovit, biyotit, klorit, apatit, zirkon, turmalin, opak temsil etmektedir. Metakumtaşı örnekleri, QFL üçgen diyagramında (Folk, 1974); $M < \% 15$ için arkoz olan bir örnek hariç, Bakırtepe üyesi örnekleri çoğunlukla subarkoz ve Gerez üyesi örnekleri kuvars arenit (Şekil 8a), $M > \% 15$ için feldispatik grovak alanlarında yer almaktadır (Şekil 8b).

Pettijohn ve diğ. (1973) tarafından oluşturulan $\text{Log}(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3) - \text{Log}(\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O})$ kimyasal sınıflama diyagramında Bakırtepe ve Gerez üyeleri metakumtaşı örnekleri birimlere göre önemli farklılıklar göstermekte ve kümelenmektedir (Şekil 8c). Modal mineralojik bileşime göre; subarkoz olarak adlandırılan Bakırtepe üyesi metakumtaşları arkoz, kuvars arenitleri temsil eden Gerez üyesi metakumtaşları arkoz-subarkoz-sublitarenit olmak üzere daha geniş bir alanda yer almaktadır. Yer yer ortaya çıkan bu farklılıklar matriks (serizitik beyaz K-mika veya dikit) ve ana minerallerin (mikroklin veya plajiyoklaz) yaygınlığından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 1. Bolkardağı Birliği metakumtaşlarının ana oksit (% ağırlık), iz ve NTE (ppm) analizleri.**Table 1.** Major (wt %), trace and REE (ppm) analyses of metasediments from Bolkardağı Unit.

Birim	Bakırtepe üyesi						Gerez üyesi				
	KF-52	KF-53	KF-54	KF-58	KF-62	KF-65	BD-26	BD-29	BD-33	BD-35	BD-38
Oksit											
SiO ₂	67.83	90.45	63.47	85.17	73.57	84.18	81.11	93.06	72.90	89.28	73.05
TiO ₂	0.821	0.301	0.976	0.195	0.400	0.167	1.134	0.278	1.226	0.679	1.129
Al ₂ O ₃	14.60	4.80	17.49	6.58	11.37	7.13	7.02	1.81	9.82	3.25	10.71
ΣFe ₂ O ₃	4.25	0.51	3.50	1.25	4.23	2.40	6.20	1.44	7.86	1.23	6.37
MnO	0.014	0.007	0.047	0.003	0.012	< 0.001	0.035	0.021	0.024	0.049	0.012
MgO	1.31	0.19	1.76	0.22	1.26	0.44	1.04	0.23	1.12	0.27	1.28
CaO	0.32	0.22	0.38	0.14	0.18	0.12	0.22	0.12	0.32	1.37	0.32
Na ₂ O	0.17	0.12	0.13	0.13	0.42	0.16	0.76	0.30	0.71	0.49	1.00
K ₂ O	6.43	2.72	7.10	3.92	6.01	4.34	1.15	0.23	1.70	0.77	2.21
P ₂ O ₅	0.24	0.11	0.25	0.1	0.15	0.09	0.18	0.07	0.24	0.18	0.23
LOI	2.86	0.88	3.37	1.13	2.08	1.07	2.11	0.93	3.07	1.83	2.63
Toplam	98.84	100.30	98.48	98.83	99.68	100.10	101.00	98.48	98.98	99.40	98.94
Cr	70	30	90	20	100	30	120	170	60	<20	50
Ni	40	<20	40	<20	60	<20	90	80	60	<20	40
Co	10	8	14	11	7	9	21	9	28	6	14
Sc	12	3	18	2	6	3	4	1	8	2	9
V	94	22	141	18	52	31	88	20	89	30	87
Cu	20	<10	<10	<10	70	<10	10	80	50	<10	50
Pb	6	<5	<5	6	10	6	7	5	21	6	16
Zn	<30	<30	<30	<30	<30	<30	90	<30	100	<30	110
Bi	0.4	< 0.1	0.5	0.1	0.3	< 0.1	0.4	0.1	0.2	< 0.1	0.3
In	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Sn	2	<1	3	<1	2	<1	<1	48	2	<1	2
W	23.4	598.0	14.8	184	80.9	418.0	78.3	318.0	90.6	129.0	47.1
Mo	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	3	<2	<2	<2
As	13	<5	8	<5	<5	<5	<5	<5	6	<5	<5
Sb	2.6	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.2	0.5	1.2	<0.2
Ge	1.4	0.9	1.7	1.0	1.1	1.0	1.4	1.1	1.8	1.2	1.4
Be	2	<1	3	<1	2	<1	1	<1	2	<1	1
Ag	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	5.3	<0.5	<0.5	<0.5
Rb	110	39	130	49	98	67	37	9	62	25	67
Cs	3.0	0.5	5.2	0.6	5.3	1.2	1.3	0.4	1.4	0.7	1.3
Ba	369	369	612	461	556	425	244	50	270	112	303
Sr	30	20	20	31	46	35	28	9	54	47	55
Tl	0.34	0.12	0.39	0.16	0.34	0.18	0.20	0.05	0.33	0.15	0.36
Ga	18	4	23	5	11	9	9	2	14	4	14
Ta	1.02	2.29	1.17	0.88	0.67	1.53	1.06	1.04	1.40	1.06	1.23
Nb	10.4	4.2	12.0	2.8	6.2	3.0	9.7	2.6	14.9	7.4	13.9
Hf	8.1	4.8	5.8	2.1	3.7	3.2	10.2	2.1	12.3	7.7	10.3
Zr	318	188	220	79	134	151	402	79	480	319	427
Y	29.6	10.2	38.7	10.5	16.1	8.9	24.8	10.9	35.9	20.6	32.2
Th	13.10	6.28	12.20	2.56	5.38	3.23	9.13	2.09	12.5	6.35	10.40
U	2.98	1.29	3.55	0.72	1.73	1.04	1.87	0.40	2.76	1.36	2.16
La	41.1	9.93	57.5	5.71	11.6	12.8	22.1	8.9	26.6	15.9	26.1
Ce	82.2	20.9	108.0	11.3	23.7	26.8	44.1	17.6	53.5	34.3	53.2
Pr	9.36	2.28	12.2	1.26	2.68	2.92	5.30	2.02	6.36	4.07	6.39
Nd	36.00	8.84	45.60	4.81	10.40	11.10	21.00	7.71	25.80	16.90	25.40
Sm	7.09	1.85	8.65	1.13	2.29	2.11	4.88	1.61	6.20	3.97	5.92
Eu	1.550	0.450	1.870	0.348	0.656	0.536	1.210	0.413	1.610	0.887	1.510
Gd	5.76	1.76	6.85	1.34	2.41	1.75	5.02	1.54	6.74	3.87	6.10
Tb	0.99	0.33	1.20	0.27	0.44	0.29	0.86	0.27	1.15	0.65	1.04
Dy	5.42	2.01	6.77	1.74	2.57	1.58	4.67	1.41	6.23	3.53	5.63
Ho	1.05	0.40	1.30	0.36	0.52	0.32	0.89	0.27	1.18	0.66	1.07
Er	3.33	1.23	4.06	1.04	1.62	0.95	2.62	0.76	3.44	1.89	3.11
Tm	0.509	0.184	0.611	0.153	0.249	0.146	0.387	0.103	0.510	0.274	0.460
Yb	3.32	1.19	3.86	0.96	1.63	0.96	2.46	0.63	3.23	1.72	2.90
Lu	0.495	0.183	0.568	0.136	0.250	0.146	0.380	0.092	0.505	0.263	0.439

Not: Fe₂O₃, toplam demir. LOI: toplam uçucu içeriği

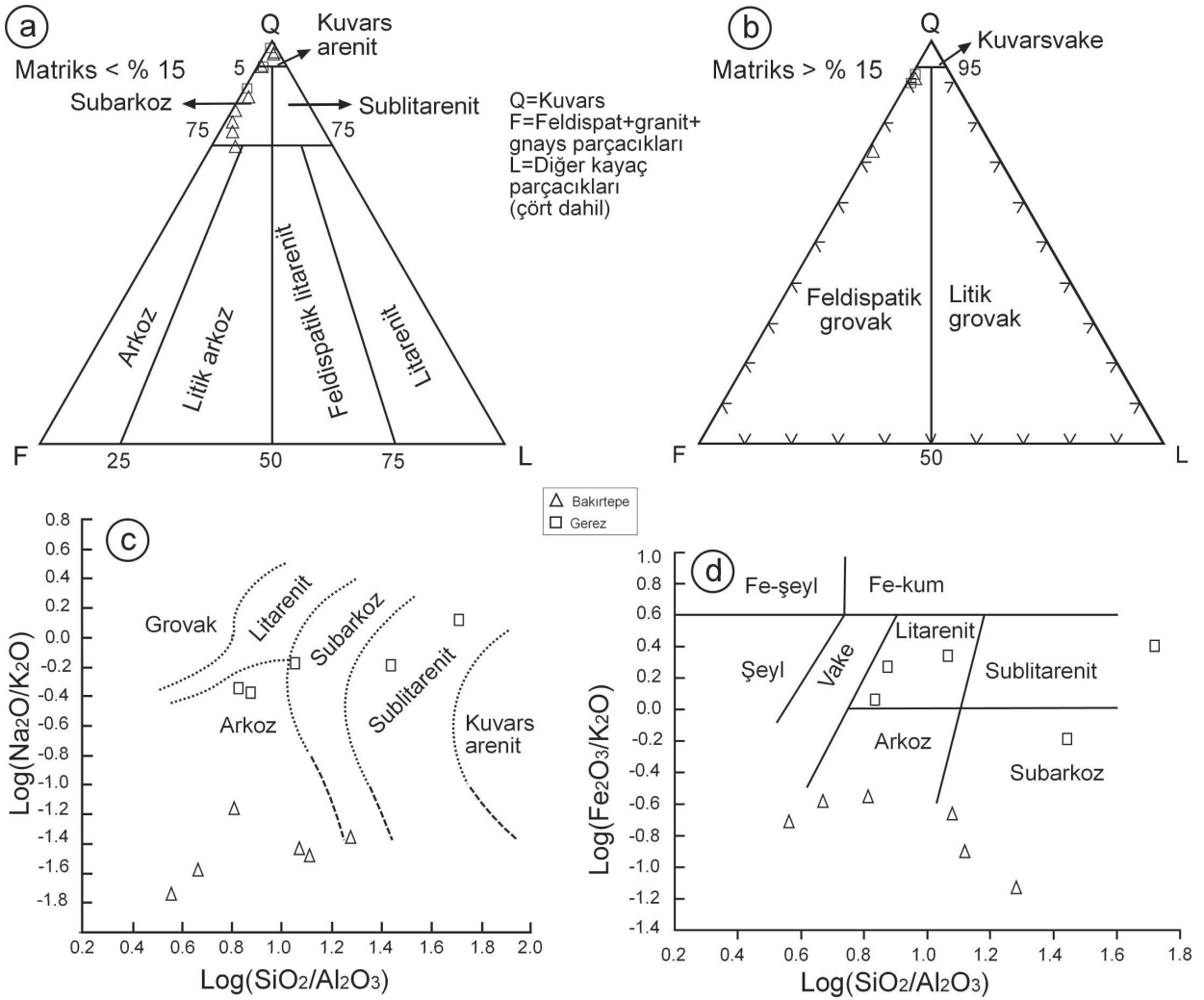
Çizelge 2. Bolkardağı Birliği metakumtaşlarının modal mineralojik bileşimleri.**Table 2.** Modal mineralogical compositions of metasandstones from Bolkardağı Unit.

Birim	Örnek No/ Bileşenler	%						%			%		
		Q	F	Lt	H	M	C	Q	F	L	Qm	F	Lt
Bakırtepe üyesi	KF-51	74	1	4	3	3	15	97	1	2	94	1	5
	KF-52	47	4	2	6	35	6	91	8	1	88	8	4
	KF-53	63	12	2	2	5	16	83	16	1	82	16	2
	KF-54	31	11	2	7	45	4	73	26	1	69	27	4
	KF-56	64	9	9	3	2	13	86	12	2	76	12	12
	KF-57	68	1	4	2	5	20	97	1	2	94	1	5
	KF-58	62	15	4	3	6	10	78	20	2	75	20	5
	KF-62	53	12	6	4	18	7	80	19	1	72	19	9
	KF-65	52	15	11	2	6	14	74	21	5	64	21	15
	KF-67	68	4	12	1	9	6	94	5	1	79	5	16
Gerez üyesi	BD-26	74	9	2	7	5	3	89	11	0	87	11	2
	BD-29	78	1	1	2	5	13	99	1	0	98	1	1
	BD-33	49	4	1	4	37	5	91	8	1	90	8	2
	BD-35	64	3	2	14	4	13	94	5	1	92	5	3
	BD-38	49	5	1	3	35	7	89	10	1	87	10	3

Qm=Monokristalin kuvars,
 Qp=Polikristalin kuvars, P=Plajiyoklaz,
 AF=Alkali feldispat, H=Ağır mineraller
 (muskovit, biyotit, klorit, apatit, zirkon, turmalin,
 opak), M=Matriks (kil, serisit), C=Çimento
 (karbonat(k), silis(s), Fe-oksit(f)), Ls=Sedimanter
 kayaç parçaları, Lm=Metamorfik kayaç parçaları,
 Q=Toplam kuvars (Qm+Qp), F=Toplam Feldispat
 (P+AF), L=Toplam duraysız kayaç parçacıkları
 (Ls+Lm+Lpv), Lt=Toplam kayaç parçaları
 (Qp+Ls+Lm+Lpv).

Herron'un (1988) $\text{Log}(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ -
 $\text{Log}(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$ sınıflama diyagramında ise
 incelenen metakumtaşları geniş bir aralıkta
 yayılmakta ve çoğunlukla ayrı alanlarda dağılım

göstermektedir (Şekil 8d). Bakırtepe üyesi
 metakumtaşları arkoz-subarkoz, Gerez üyesi
 metakumtaşları litarenit-sublitarenit alanları
 içinde ve vake (petrografik % 50-90 arasında
 kil-silt boyu bileşen içeren killi kumtaşı ve siltli
 kumtaşı) alanının sağında yer almaktadır. Ayrıca
 sınıflandırma diyagramında (Şekil 8d), toplam
 Fe_2O_3 içeriklerinin Bakırtepe üyesi örneklerinde
 düşük ve Gerez üyesi örneklerinde yüksek (klorit
 ve C-V), K_2O içeriğinin Gerez üyesi örneklerinde
 yüksek (K-beyaz mika), $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ oranının
 (kuvars/feldispat ve dikit) ise her iki birim için
 değişken olduğu görülmektedir. Diğer bir ifadeyle,
 bu değişimler; feldispat ve fillosilikatların miktarı
 ile ilişkilidir.



Şekil 8. Bolkardağı Birliği metakumtaşlarının modal mineralojik ve kimyasal adlandırılması, a-b) QFL (Folk, 1974), c) Log(SiO₂/Al₂O₃) - Log(Na₂O/K₂O) (Pettijohn ve diğ., 1973); d) Log(SiO₂/Al₂O₃) - Log(Fe₂O₃/K₂O) (Herron, 1988).

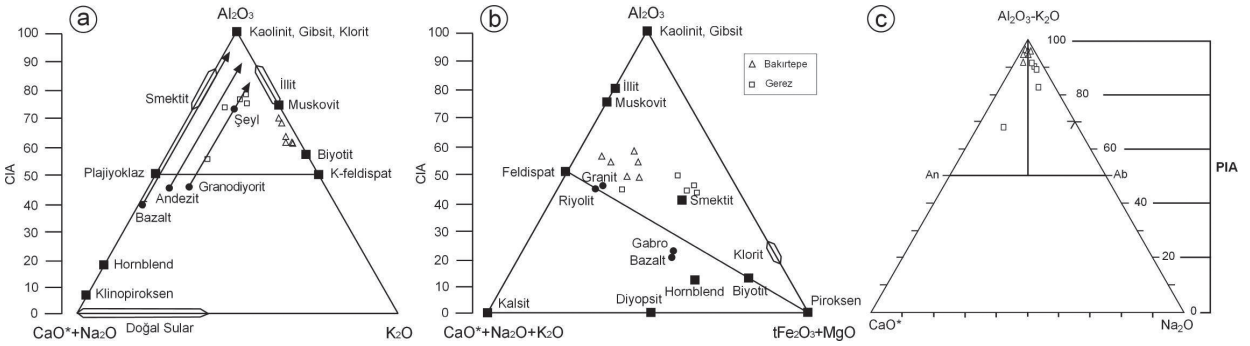
Figure 8. Modal mineralogical and chemical nomenclature of metasandstones from the Bolkardağı Unit, a-b) QFL (Folk, 1974), c) Log(SiO₂/Al₂O₃) - Log(Na₂O/K₂O) (Pettijohn et al., 1973); d) Log(SiO₂/Al₂O₃) - Log(Fe₂O₃/K₂O) (Herron, 1988).

Sedimanter Süreçler

Kırıntılı sedimanter kayaçların petrokimyasını en çok etkileyen sedimanter süreçlerden birisi yüzeysel bozunma ve derinsel bozuşmadır (alterasyon). Üst kıtasal kabuğun yaklaşık olarak % 70'ini oluşturan başlıca feldispatlar ve kısmen volkanik cam bozunma/bozuşma sürecinde belirleyici olmaktadır (Nesbitt ve Young, 1984; Taylor ve McLennan, 1985). Bu nedenle, ana element bileşimindeki değişimlerin çoğu Al_2O_3 - $(CaO+Na_2O)-K_2O$ jeokimyasal sisteminde değerlendirilmekte (Nesbitt ve Young, 1984) ve bir derinsel bozuşma indeksi (Kimyasal Alterasyon İndeksi-CIA) formülize edilmektedir (Örneğin; Nesbitt ve Young, 1984; Nesbitt ve diğ., 1996). İncelenen metakumtaşlarının CIA değerleri; Bakırtepe metakumtaşları için 58-65 (ortalama 61) ve Gerez metakumtaşları için 44-71 (ortalama 65) arasında değişmektedir (Şekil 9a). Bakırtepe metakumtaşları $Al_2O_3-K_2O$ çizgisine yakın ve biyotit-muskovit arasında, Gerez metakumtaşları granodiyorit-şeyl çizgisine paralel uzanmaktadır. Bu bulgular; Bakırtepe metakumtaşlarının daha az yüzeysel bozunma ve/veya derinsel bozuşmaya uğradığına, ayrıca Gerez metakumtaşlarının şeyl türü kayaçların metamorfizması ile oluştuğuna işaret etmektedir. $Al_2O_3-(CaO^*+Na_2O+K_2O)-(\Sigma Fe_2O_3+MgO)$ diyagramında (Şekil 9b) ise; incelenen metakumtaşlarının CIA değerleri; Bakırtepe metakumtaşları için 46-53 (ortalama

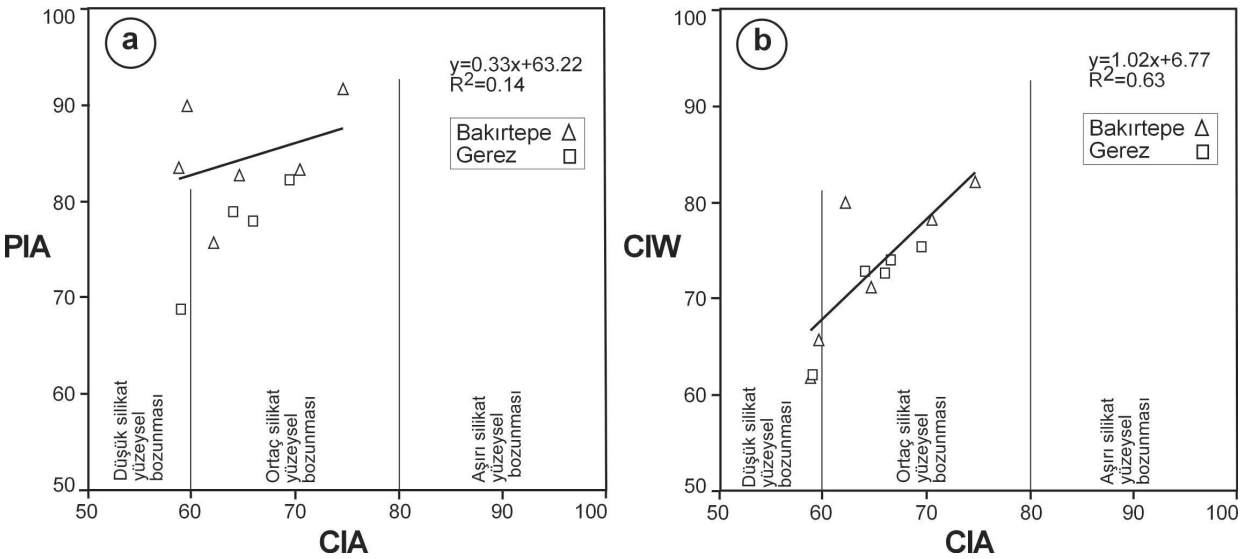
50), Gerez metakumtaşları için 37-47 (ortalama 43) arasında değişmekte olup, feldispat-piroksen çizgisinin üzerinde yer almaktadır. Bakırtepe metakumtaşları teorik granit, Gerez metakumtaşları teorik smektit bileşiminin çevresinde yoğunlaşmaktadır. Fedo ve diğ. (1995) tarafından önerilen bir başka alterasyon indeksi (Plajiyoklaz Alterasyon İndeksi-PIA) ise plajiyoklazların sedimanlardaki bozuşma yönelimlerini ortaya koymak için önerilmekte olup; incelenen metakumtaşlarının PIA değerleri; Bakırtepe örnekleri için 80-90 (ortalama 84) ve Gerez örnekleri için 42-82 (ortalama 70) arasında değişmektedir (Şekil 9c).

Harnois (1988) tarafından formülize edilen bozunma indeksine (Kimyasal Yüzeysel Bozunma İndeksi-CIW) göre; incelenen metakumtaşlarının CIW değerleri; Bakırtepe örnekleri için 89-94 (ortalama 93) ve Gerez örnekleri için 50-85 (ortalama 74) arasında değişmektedir. İncelenen metakumtaşlarının kimyasal bozunma ilişkilerini gösteren PIA (Fedo ve diğ., 1995)-CIA (McLennan ve Murray, 1999) ve CIW (Harnois, 1988)-CIA (McLennan ve Murray, 1999) diyagramları, silikatların ortaç derecede yüzeysel bozunma geçirdiklerini ortaya koymaktadır (Şekil 10). Ayrıca bunlardan CIA-CIW ilişkisinin iyi derecede pozitif ($R^2=0.63$) olduğu görülmektedir.



Şekil 9. Bolkardağı Birliği metakumtaşlarının CIA (McLennan ve Murray, 1999), PIA (Fedo ve diğ., 1995) ve bazı oksitlerin moleküler oranlarının üçgen diyagramlarda dağılımı, a) Felsik diyagram (Bazı magmatik-sedimanter kayaçların ve minerallerin ideal bileşimleri ile üst kabuğa ait bazı kaya türlerinin yüzeyel bozunma yönelimleri: McLennan ve diğ., 2003), b) Mafik diyagram (Ortalama magmatik kayaç bileşimleri: Nockolds, 1954), c) PIA (Ab=Albit, An=Anortit).

Figure 9. Distributions of CIA (McLennan and Murray, 1999), PIA (Fedo et al., 1995) and molecular ratios of some oxides in the triangle diagrams from metasediments in the Bolkardağı Unit, a) Felsic diagram (Ideal compositions of some magmatic and sedimentary minerals, and weathering trends of some rock types belonging to upper crust: McLennan et al., 2003), b) Mafic diagram (Average compositions of magmatic rocks: Nockolds, 1954), c) PIA (Ab=Albite, An=Anortite).



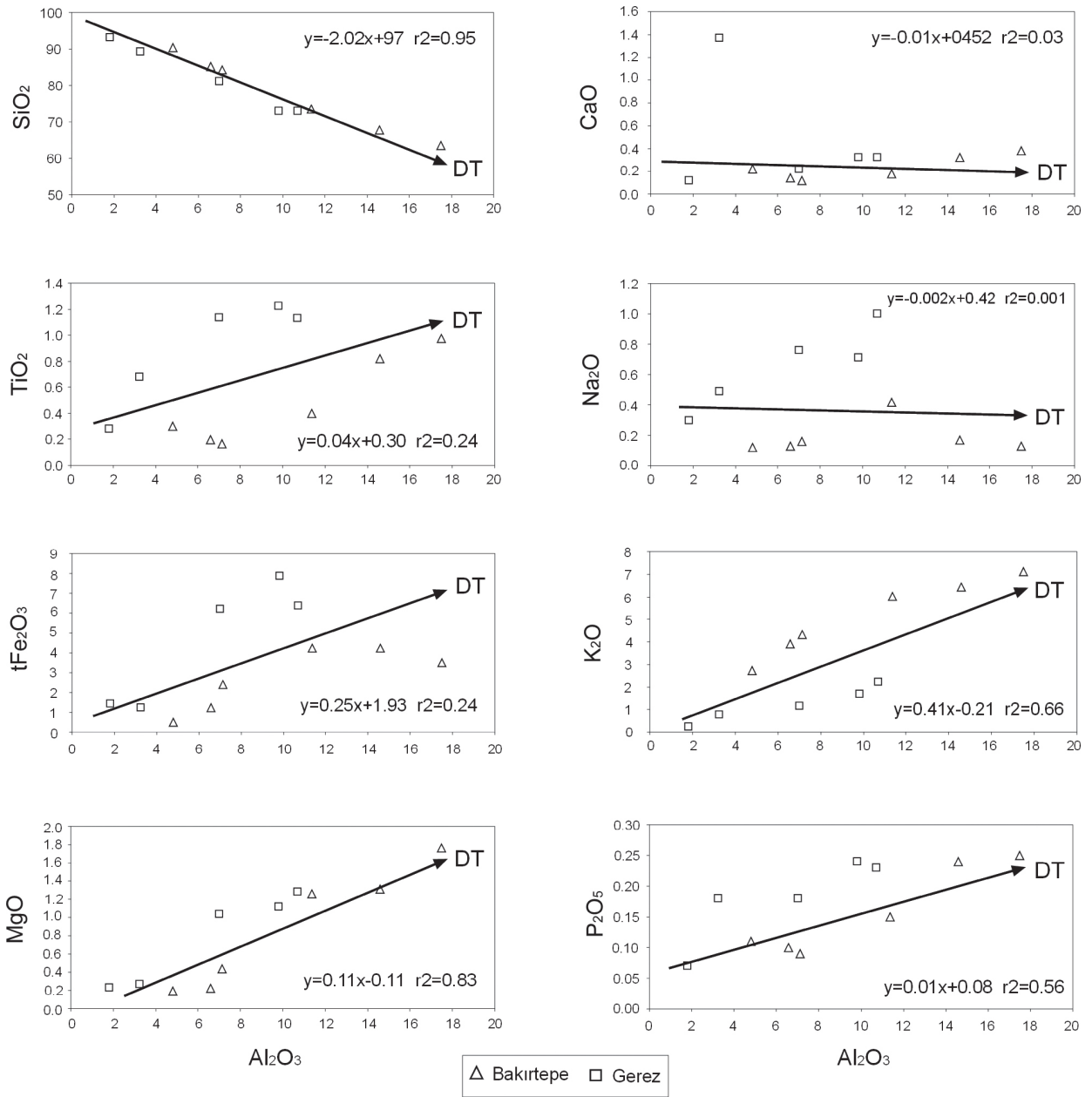
Şekil 10. Bolkardağı Birliği metakumtaşlarının kimyasal bozunma ilişkilerini gösteren diyagramlar, a) PIA (Fedo ve diğ., 1995)-CIA (McLennan ve Murray, 1999), b) CIW (Harnois, 1988)-CIA (McLennan ve Murray, 1999).

Figure 10. Diagrams showing chemical weathering/alteration relations of metasediments from the Bolkardağı Unit, a) PIA (Fedo et al., 1995)-CIA (McLennan and Murray, 1999), b) CIW (Harnois, 1988) -CIA (McLennan and Murray, 1999).

İncelenen metakumtaşlarının ana oksit değişim diyagramları; detritik yönelimi de ortaya koyacak biçimde son bozunma/bozuşma ürünü olan Al_2O_3 içeriğine karşı diğer oksitler kullanılarak Şekil 11’de verilmiştir. Na_2O ve CaO hariç, diğer ana oksitler Al_2O_3 ile anlamlı korelasyona sahiptir. SiO_2 ile negatif, diğerleri ile pozitif korelasyon göstermektedir. Al_2O_3 en zayıf Na_2O ($r^2=0.001$), en yüksek ise SiO_2 ($r^2=0.95$) ile korelasyon göstermektedir. Genellikle, açıtsından yüksek Al_2O_3 ve düşük SiO_2 içerikli olan metakumtaşları diyagramın sağ; düşük Al_2O_3 ve yüksek SiO_2 içerikli olanlar ise sol kesiminde kümelenmektedir. Bu durum, K-mikaların ve/veya feldispatların artışına karşın, kuvars miktarının azalmasıyla ilişkilidir. Benzer ilişkiler Al_2O_3 ve K_2O arasında da görülebilmektedir. Al_2O_3 ’ün

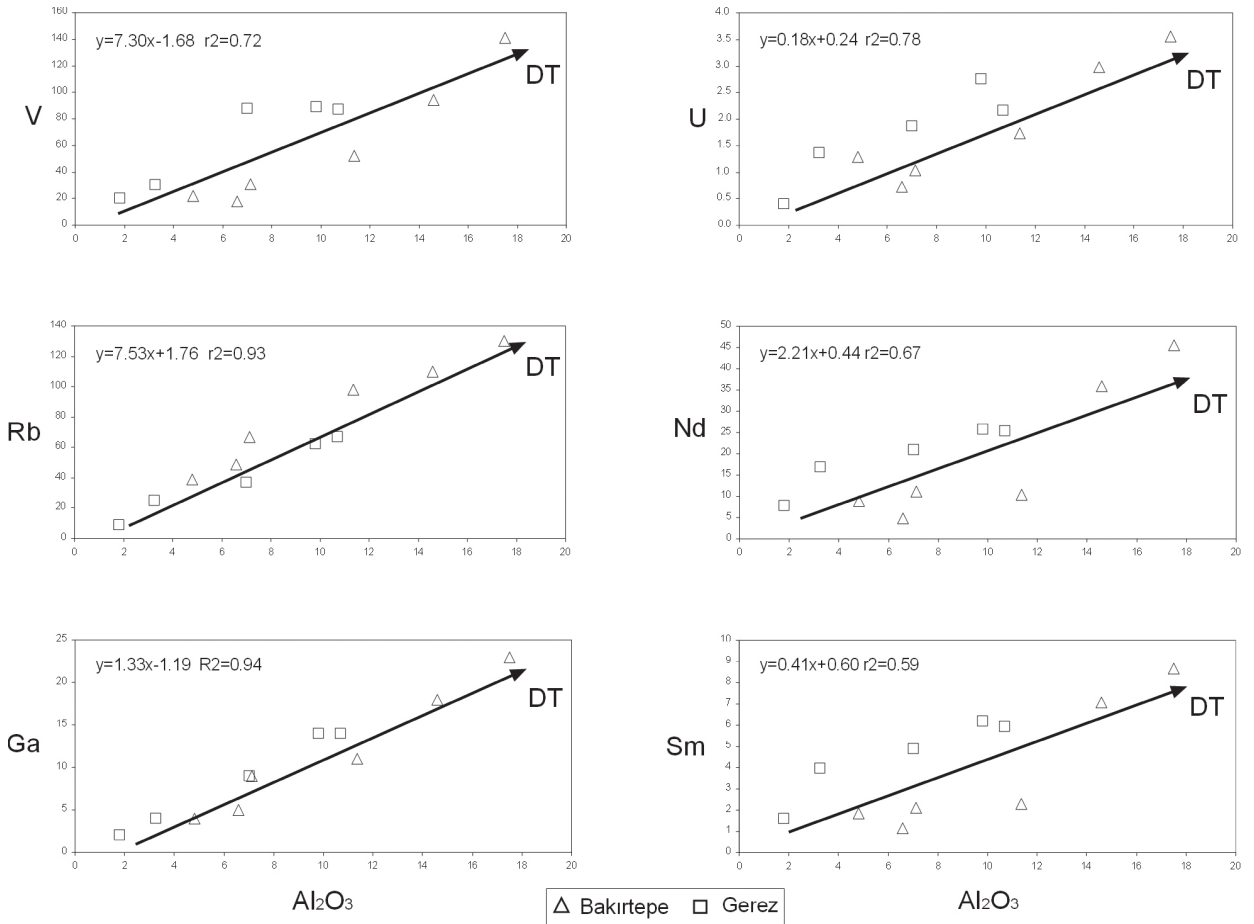
artışına karşın CaO ve Na_2O ’ün kısmen sabit kalışı plajiyoklazlar; Al_2O_3 - TiO_2 ilişkisi daha ziyade Ti- ve/veya Fe-Ti oksitler, Al_2O_3 - tFe_2O_3 ilişkisi sırasıyla Fe-oksit, klorit ve kısmen biyotit, Al_2O_3 - MgO ilişkisi klorit ve biyotit, Al_2O_3 - P_2O_5 ilişkisi apatit içeriği ile denetlenmektedir.

Al_2O_3 ’ün bazı iz elementler ile korelasyon ilişkileri Şekil 12’de sunulmuştur. Al_2O_3 -iz element korelasyon ilişkisi ana oksitlere göre daha belirgin olup, $r^2=0.59-0.94$ (Sm ve Ga) arasında değişmektedir. Al_2O_3 ’e karşı kalıcılığı düşük elementlerden Rb ve Ga’un artışı K-mikalar; diyajenez/metamorfizmadan etkilenmeyen geçiş metallere V, kalıcılığı yüksek elementlerden U ile NTE’den Nd ve Sm’un artışı ise türedikleri kaynak bölgeye işaret eden taşınmış bileşenler ile ilişkilidir.



Şekil 11. Bolkardağı Birliği metakumtaşlarının Al_2O_3 'ye karşı ana oksit değişim diyagramları (DT=Detritik Yönelim).

Figure 11. Variation diagrams of major oxides versus Al_2O_3 from metasandstones in the Bolkardağı Unit (DT= Detrital Trend).



Şekil 12. Bolkardağı Birliği metakumtaşlarının Al_2O_3 'ye karşı iz element değişim diyagramları (DT=Detritik Yönelim)

Figure 12. Variation diagrams of trace elements versus Al_2O_3 from metasandstones in the Bolkardağı Unit (DT=Detrital Trend).

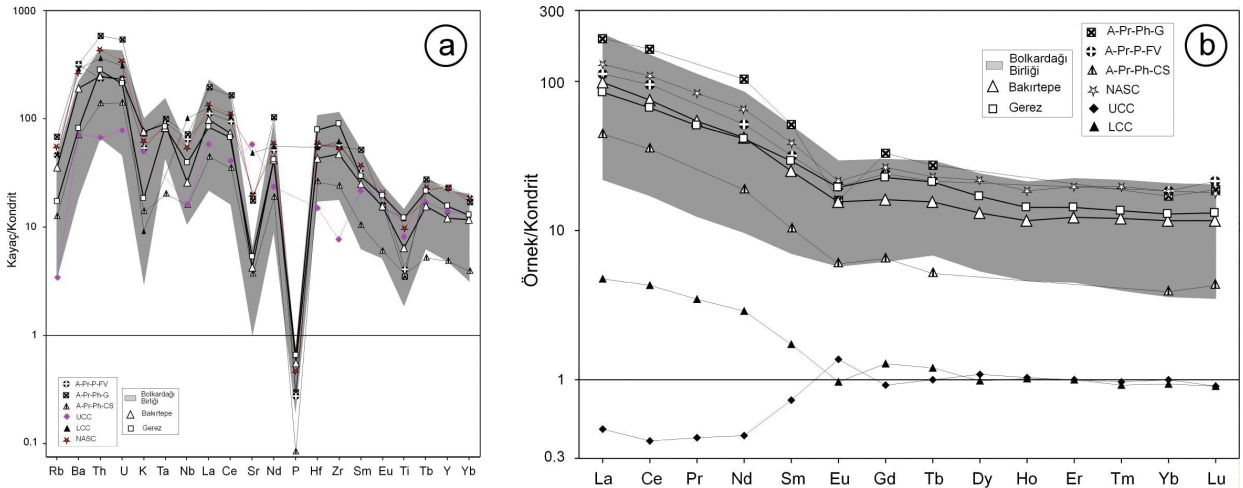
İncelenen metakumtaşlarının kondrite (Sun ve McDonough, 1989) göre normalize edilmiş iz element dağılımları ve ayrıca karşılaştırma amacıyla Alt ve Üst Kıtasal Kabuk (LCC ve UCC: Taylor ve McLennan, 1981), Kuzey Amerikan Şeyl Bileşimi (NASC: Haskin ve diğ., 1968, Condie, 1993, Gromet ve diğ., 1984), ayrıca Condie (1993) tarafından verilen Arkean-Proterozoik Kratonik Kumtaşları (A-Pr-CS), Arkean-Proterozoyik-Fanerozoik Granitler (A-Pr-Ph-G) ve Arkean-Proterozoyik-Paleozoyik Felsik Volkanitler'in (A-Pr-Ph-FV) ortalama bileşimleri de Şekil

13a'da sunulmuştur. İncelen metakumtaşlarının iz element dağılım desenleri NASC, Kratonik Kumtaşlarına, LCC, Granitlere ve Felsik Volkanitlere benzer olmakla birlikte; birimler birbirinden ayrılmakta ve belirgin ayrılmamayı ifade etmektedir. Bolkardağı metakumtaşları P (1-4 kat) hariç, kuvvetli zenginleşmeye (Sr için 1 ve Th için 451 kat) sahiptir. P'daki fakirleşme apatit gibi P-içeren ağır minerallerin azlığını veya yokluğunu; Th'daki zenginleşme ise Th-içeren ağır minerallerin, özellikle zirkon, monazit ve/veya titanitin katkısını işaret etmektedir. İncelenen

metakumtaşları sırasıyla Th, Ta, La, Nd, Zr ve Tb için belirgin pozitif; K, Nb, Sr, P ve Ti için negatif anomaliye sahiptir.

Toplam NTE konsantrasyonu Bakırtepe üyesi metakumtaşları için 52-198 ppm (ortalama 110 ppm) ve Gerez üyesi metakumtaşları için 43-139 ppm (ortalama 106 ppm) arasında değişmektedir. İncelenen metakumtaşlarının kondrite (Sun ve McDonough, 1989) normalize NTE dağılımları ve karşılaştırma amacıyla LCC, UCC, NASC, Kratonik Kumtaşları, Granitler ve Felsik Volkanitlerin dağılımları da Şekil 13b'de

gösterilmiştir. Bolkardağı metakumtaşlarında hafif NTE'den ağır NTE'ye doğru içerikleri azalmakta olup; Bakırtepe ve Gerez metakumtaşlarının desenleri birbirinden kısmen ayrılmakta ve ayrımlaşmayı göstermektedir. Metakumtaşlarında tüm elementler için belirgin yaklaşık 243-4 (La-Lu) kat arasında değişen zenginleşmeler mevcut olup, negatif Eu anomalisine sahiptir. NTE içerikleri Alt ve Üst Kıtasal Kabuktan oldukça farklı ve büyük; buna karşın NASC, Granitlere ve Felsik Volkanitlere oldukça, Kratonik Kumtaşlarına ise kısmen benzerdir.



Şekil 13. Bolkardağı Birliği metakumtaşlarının kondrite normalize iz (a) ve NTE (b) dağılımları. Kondrit: Sun ve McDonough, 1989; Kratonik Kumtaşları (A-Pr-Ph-CS), Felsik Volkanitler (A-Pr-Ph-FV), Granitler (A-Pr-Ph-G): Condie, 1993; NASC için Nb ve Y: Condie, 1993; diğer elementler: Gromet ve diğ., 1984), NASC: Ho ve Tm elementleri Haskin ve diğ., 1968; diğer elementler Gromet ve diğ., 1984; LCC ve UCC: Taylor ve McLennan, 1981; A-Pr-Ph-CS, A-Pr-P-FV, A-Pr-Ph-G: Condie, 1993.

Figure 13. Chondrite-normalized element patterns of metasediments from the Bolkardağı Unit, a) Trace (Chondrite: Sun and McDonough, 1989; A-Pr-Ph-CS, A-Pr-Ph-FV, A-Pr-Ph-G: Condie, 1993; Nb and Y for NASC: Condie, 1993; other elements: Gromet et al., 1984), b) REE (Chondrite: Sun and McDonough, 1989; NASC: Ho and Tm elements from Haskin et al., 1968; other elements from Gromet et al., 1984; LCC and UCC: Taylor and McLennan, 1981; A-Pr-Ph-CS, A-Pr-P-FV, A-Pr-Ph-G: Condie, 1993).

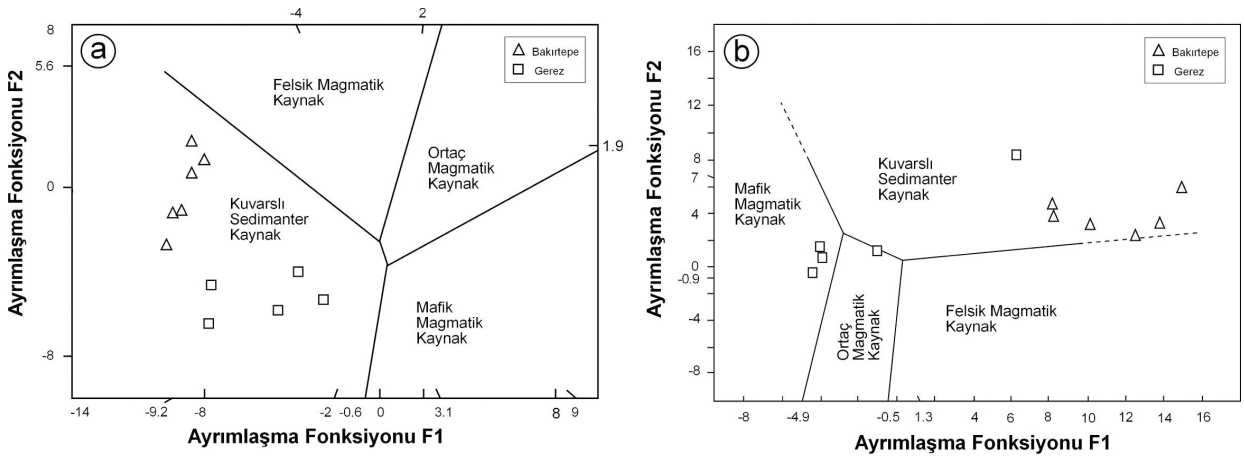
Provens

Ana elementler kullanılarak kumtaşlarının provens izlerini saptamaya yönelik ayırtman diyagramları, Roser ve Korch (1988) tarafından önerilmiştir. Birinci ayırtman diyagramında (Şekil 14a) incelenen metakumtaşları bütünüyle kuvarslı sedimanter provens alan içinde bulunmakta ve birimler farklı alanlarda kümelenerek ayrılmaktadır. İkinci ayırtman diyagramında (Şekil 14b) Bakırtepe üyesi metakumtaşları kuvarslı sedimanter; buna karşın Gerez üyesi metakumtaşları çoğunlukla mafik magmatik, birer örnek ise ortaç ve kuvarslı sedimanter kaynak alanda yer almaktadır.

Jeotektonik Konum

Kumtaşlarının tektonik konumlarının belirlenmesinde modal mineralojik ve kimyasal bileşim olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmakta olup; her iki yöntemle incelenen metakumtaşlarının hangi tektonik ortamda depolandığı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Metakumtaşlarının modal mineralojik bileşimleri (bak Çizelge 6.2) QFL (Dickinson ve diğ., 1983) ve QmFLt (Dickinson ve Succec, 1979) üçgen diyagramlarına yerleştirilmiştir. QFL diyagramında örneklerin tamamının kıtasal bloku temsil eden geçiş kıtasal ve kraton içi alanlarında



$$a) F1 = -(1.773 * TiO_2) + (0.607 * Al_2O_3) + (0.76 * tFe_2O_3) - (1.5MgO) + (0.616 * CaO) + (0.509 * Na_2O) - (1.224 * K_2O) - 9.09$$

$$F2 = (0.445 * TiO_2) + (0.07 * Al_2O_3) + (0.25 * tFe_2O_3) - (1.142MgO) + (0.438 * CaO) + (1.475 * Na_2O) - (1.426 * K_2O) - 6.861$$

$$b) F1 = (30.638 * TiO_2 / Al_2O_3) - (12.541 * tFe_2O_3 / Al_2O_3) + (7.32 * 9MgO / Al_2O_3) + (12.031 * Na_2O / Al_2O_3) + (35.402 * K_2O / Al_2O_3) - 6.382$$

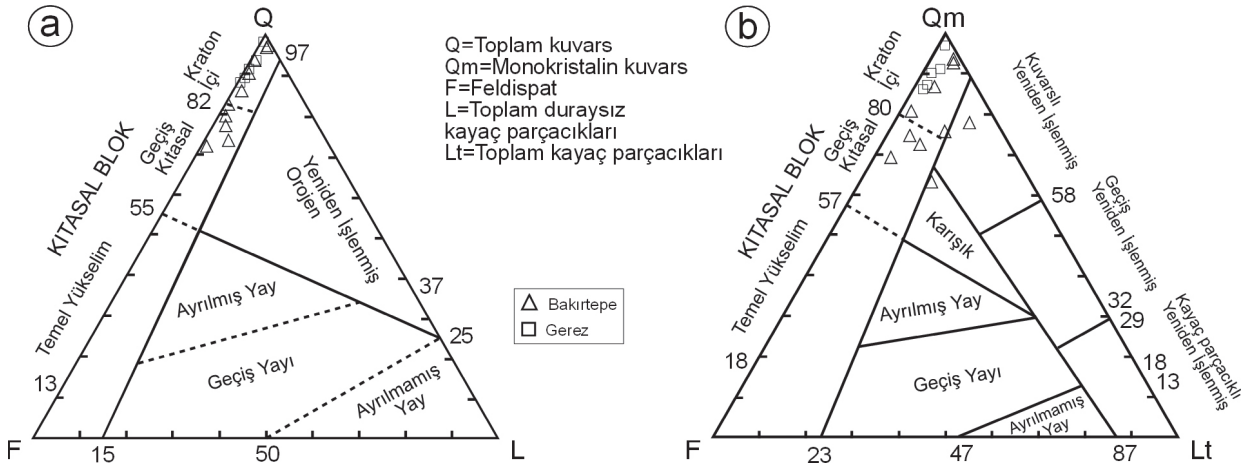
$$F2 = (56.500 * TiO_2 / Al_2O_3) - (10.879 * tFe_2O_3 / Al_2O_3) + (30.875 * 9MgO / Al_2O_3) + (5.404 * Na_2O / Al_2O_3) + (11.112 * K_2O / Al_2O_3) - 3.89$$

Şekil 14. Kumtaşı-çamurtaşı birliktelikleri için incelenen kumtaşlarının provens ayırtman diyagramları (Roser ve Korch, 1988), a) Ana oksit içerikleri, b) ana oksit oranları.

Figure 14. Provence discrimination diagrams of studied sandstones for sandstone-mudstone associations (Roser and Korch, 1988), a) Major oxide contents, b) Major element ratios.

yer aldığı görülmektedir (Şekil 15a). QmFLt diyagramında karışık ve kuvarslı yeniden işlenmiş orojenik alana karşılık gelen birer örnek hariç;

diğer örnekler yine kıtasal ve kraton içi alanlarında bulunmaktadır (Şekil 15b).

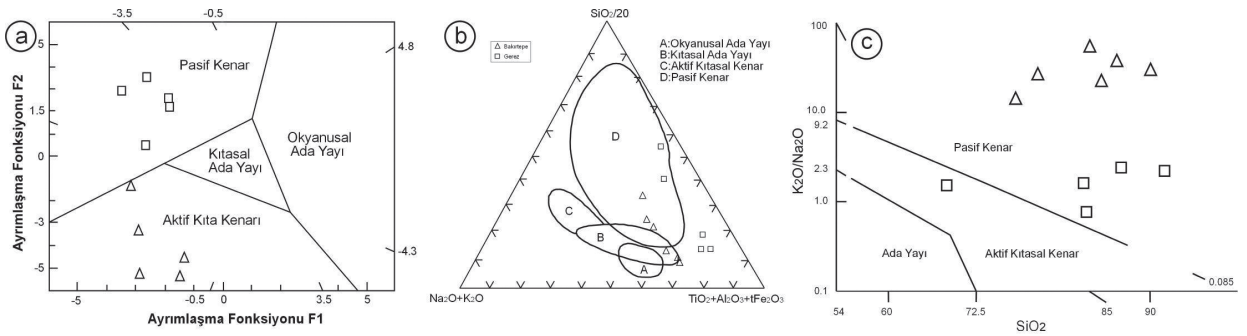


Şekil 15. Bolkardağı Birliği metakumtaşlarının modal mineralojik bileşimlerine göre jeotektonik ortam ayırtman diyagramları; a) QFL (Dickinson ve diğ., 1983), b) QmFLt (Dickinson ve Suczek, 1979).

Figure 15. The geotectonics settings of metakumtaşları from Bolkardağı Unit in the triangle diagrams based on their modal mineralogical compositions, a) QFL (Dickinson et al., 1983), b) QmFLt (Dickinson and Suczek, 1979).

Ana oksitler ile kısırlı semidentar kayaçların tektonik ortamını belirlemede kullanılan üç tür ayırtman diyagram bulunmaktadır. Bhatia (1983) tarafından Paleozoyik kumtaşları için birinci ve ikinci ayırtman fonksiyonlarını esas alan değişim diyagramı esas alınarak incelenen metakumtaşları için kullanılmıştır. Bakırtepe üyesi metakumtaşları, aktif kıta kenarını temsil ederken, Gerez üyesi metakumtaşları pasif kıta kenarı alanında konumlanmıştır (Şekil 16a). Kumtaşlarının ana oksit bileşimine göre jeotektonik ortamlarının belirlenmesinde kullanılan diğer bir sınıflama da Kroonenberg (1994) tarafından önerilen $SiO_2/20-(Na_2O+K_2O)-$

$(TiO_2+Al_2O_3+tFe_2O_3)$ üçgen diyagramıdır (Şekil 16b). Bu ayırtman diyagramda Gerez üyesine ait üç örneğin belirtilen alan dışında kaldığı, diğer iki örneğin pasif kenar alanına düştüğü gözlenmektedir. Bakırtepe üyesi örnekleri ise kıtasal ada yayı ve pasif kenar ile temsil edilen alanda yer almaktadır. Kumtaşlarının jeotektonik ortamını belirlemede kullanılan diğer bir diyagram ise Roser ve Korch'un (1986) SiO_2-K_2O/Na_2O ikili değişim diyagramıdır (Şekil 16c). Bu diyagrama göre Gerez üyesi metakumtaşlarına ait bir örnek hariç (aktif kıtasal kenar), diğer Gerez ve Bakırtepe üyelerine ait metakumtaşları pasif kenar alanında yer almaktadır.



$$a) F1 = -(0.0447 * SiO_2) - (0.972 * TiO_2) + (0.008 * Al_2O_3) - (0.267 * Fe_2O_3) + (0.208 * FeO) - (3.082 * MnO) + (0.140 * MgO) + (0.195 * CaO) + (0.719 * Na_2O) - (0.032 * K_2O) + (7.510 * P_2O_5) + 0.303$$

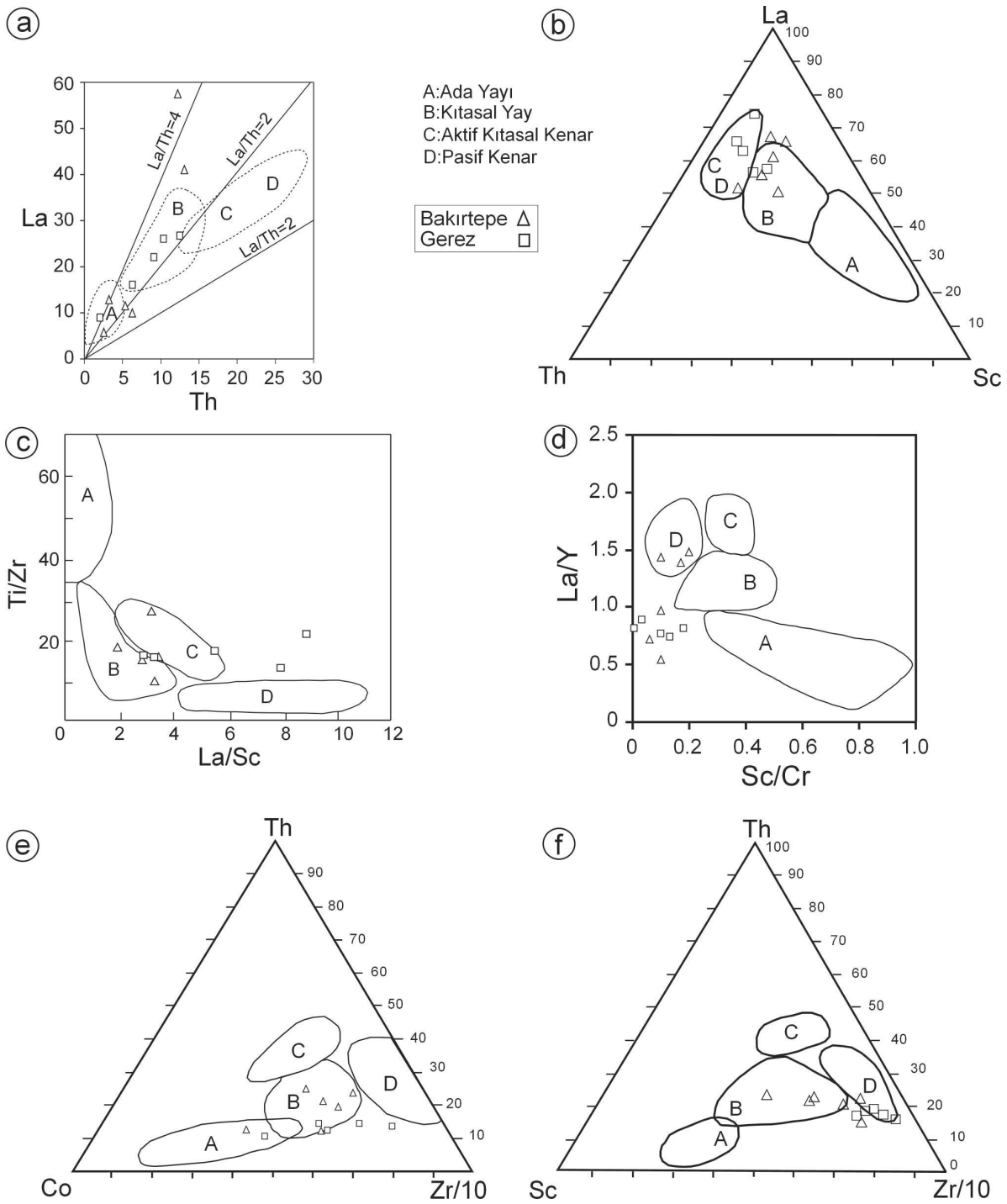
$$F2 = -(0.421 * SiO_2) + (1.988 * TiO_2) - (0.526 * Al_2O_3) - (0.551 * Fe_2O_3) - (1.610 * FeO) + (2.720 * MnO) + (0.881 * MgO) - (0.907 * CaO) - (0.177 * Na_2O) - (1.840 * K_2O) + (7.244 * P_2O_5) + 43.57$$

Şekil 16. Bolkardağı Birliği metakumtaşlarının ana oksit içeriklerine göre jeotektonik ayırtman diyagramları, a) F1-F2 ayırma fonksiyonu (Bhatia, 1983), b) $SiO_2/20 - (Na_2O + K_2O) - (TiO_2 + Al_2O_3 + tFe_2O_3)$ (Kronenberg, 1994), c) $SiO_2 - K_2O/Na_2O$ (Roser ve Korch, 1986)

Figure 16. Geotectonic diagrams for metasediments of Bolkardağı Unit based on major oxide contents, a) F1-F2 discrimination function (Bhatia, 1983), b) $SiO_2/20 - (Na_2O + K_2O) - (TiO_2 + Al_2O_3 + tFe_2O_3)$ (Kronenberg, 1994), c) $SiO_2 - K_2O/Na_2O$ (Roser ve Korch, 1986).

Bhatia ve Crook (1986) farklı tektonik ortamlara ait grovaklar için ayırtman diyagramlar geliştirmiştir. La/Th değişim diyagramında incelenen metakumtaşı örnekleri çoğunlukla kıtasal yay (Şekil 17a); La-Th-Sc üçgen diyagramında ise La köşesine yakın olup, Bakırtepe üyesi örnekleri çoğunlukla kıtasal yay, Gerez üyesi örnekleri aktif ve pasif kıtasal kenar (Şekil 17b); Ti/Zr-La/Sc diyagramında çoğunlukla kıtasal yay ve aktif kıtasal kenar (Şekil 17c); La/Y-Sc/Cr diyagramında Bakırtepe üyesine ait üç örnek

ve Gerez üyesi örnekleri tanımlanan alan dışında kalmakta, Bakırtepe üyesine ait üç örnek ise pasif kenar ortamını temsil etmektedir (Şekil 17d). Th-Co-Zr/10 diyagramında iki örnek tanımlanmamış bölgede yer almakla birlikte, çoğunluğu ada yayı ve kıtasal yay ortamlarını kapsayacak biçimde geniş bir alanda kümelenmektedir (Şekil 17e). Th-Sc-Zr/10 üçgen diyagramında Gerez üyesi örnekleri büyük pasif kenar, Bakırtepe üyesi örnekleri ise kıtasal yay alanında ve yakınında kümelenmektedir (Şekil 17f).



Şekil 17. Bolkardağı Birliği metakumtaşlarının iz element içeriklerine göre jeotektonik ayırtman diyagramları (Bhatia ve Crook, 1986), a) La/Th , b) $La-Th-Sc$, c) $Ti/Zr-La/Sc$, d) $La/Y-Sc/Cr$, e) $Th-Co-Zr/10$, f) $Th-Sc-Zr/10$.

Figure 17. Geotectonic diagrams for metasediments of Bolkardağı Unit based on trace element contents (Bhatia and Crook, 1986), a) La/Th , b) $La-Th-Sc$, c) $Ti/Zr-La/Sc$, d) $La/Y-Sc/Cr$, e) $Th-Co-Zr/10$, f) $Th-Sc-Zr/10$.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

İsalı formasyonu Gerez üyesi ile Kangal formasyonu Bakırtepe üyesi Devoniyen yaşlı olup, her ikisi de metakumtaşlarının egemen olmasıyla altında ve üstünde yer alan birimlerden belirgin bir farklılık sunmaktadır. Çalışmanın konusunu oluşturan bu iki birimin altında ve üstünde yer alan birimler Bozkır ve Kangal yörelerinde de benzer litolojilere sahiptir. Bu durum, aynı dönemde çökelen birimlerin yanal yönde farklılık sunmadıkları, benzer paleocoğrafik ve/veya jeotektonik konumlara sahip olduklarına işaret etmektedir.

Metakumtaşları başlıca kuvars (monokristalin ve polikristalin kuvars), feldispat (mikroklin, pertitik ortoklaz ve plajiyoklaz), fillosilikat (illit, klorit, C-V, C-S ve kaolinit) mineralleri ve kayaç parçaları (sleyt/fillit, kuvarsit) içermektedir. Polikristalin kuvars, feldispat ve fillitik kayaç parçaları Bakırtepe üyesinde daha yüksek miktarlarda bulunmaktadır. Buna göre, Bakırtepe üyesi metakumtaşları genellikle subarkoz, Gerez üyesi metakumtaşları ise kuvars kumtaşı ve subarkoz bileşimindedir. Feldispat mineralleri Gerez üyesinde plajiyoklaz, Bakırtepe üyesinde ise mikroklin ile temsil edilmektedir. Bu durum her iki üyenin köken kayaçlarının farklı olduğunu göstermektedir.

Gerez üyesi metakumtaşları, klorit-mika istifleri içermesi, daha az silis çimento içermesi, daha ileri derecede yönlenme fabriği ve metamorfizma derecesine sahip olması ve $1M$ illitin yanı sıra klorit, C-S ve C-V aratabakalıları içermesi açısından Bakırtepe üyesi örneklerine göre farklılık sunmaktadır. Bakırtepe üyesi örneklerinin yukarıda sıralananların yanı sıra, daha iri tane boyuna ve daha düşük boylanma derecesine sahip olması, dikit içermesi ve $1M_d$ illitin daha egemen olmasıyla karakteristiktir. Bu durum, birimlerin köken kayaçla ilişkili beslenmenin

yanı sıra paleocoğrafik ve/veya jeotektonik konum ve sedimanter süreçlerindeki farklılıkları da yansıtmaktadır. Turmalin ve özellikle zirkon tanelerinin kısmen, bazı örneklerde belirgin biçimde yuvarlaklaşmış olması, kumtaşlarını oluşturan bileşenlerin bir kısmının daha yaşlı bir sedimanter kaynaktan türediğini de düşündürmektedir. Opak minerallerin metamorfik kökenli mika zonlarında yoğunlaşması; bu mineraller ile metamorfik kayaçlar arasında kökensel bir ilişkiye işaret etmektedir. Tüm bu veriler; Bakırtepe üyesinin granitik kaynağın yanı sıra az da olsa metamorfik, Gerez üyesinin ise metamorfik ve volkanik bir kaynaktan beslendiğini ortaya koymaktadır.

Ana oksit içeriklerine göre, Bakırtepe üyesi örnekleri Gerez üyesi örneklerine göre K_2O bakımından zengin, buna karşın CaO ve Na_2O bakımından daha fakirdir. Bu durum, Bakırtepe üyesi örneklerinin başlıca K-feldispat (mikroklin), Gerez üyesi örneklerinin ise plajiyoklaz içermesi ile ilişkilidir. CIA değerleri; kaolin gibi saf alüminosilikat kalıntıları için 100 olmak üzere, yüzeysel bozunma ve/veya derinsel bozunma geçirmemiş çoğu magmatik ve metamorfik kayaçlarda yaklaşık 50 veya daha azdır. İncelenen metakumtaşlarına ait veriler diyajenetik/metamorfik ve/veya detritik fillosilikatlar ve feldispatın bolluğu ile açıklanabilmekte, ayrıca sedimanter boylanmanın da iyi geliştiğini göstermektedir. Ayrıca, CIA değerindeki dağılım Bakırtepe metakumtaşlarının Gerez'e göre daha fazla bozunma geçirdiğini göstermekte olup; farklılıklar ise felsik-mafik bileşenlerin kullanımının doğal sonucu ortaya çıkmaktadır. Diğer taraftan, PIA değerleri metakumtaşlarına ait plajiyoklazların önemli ölçüde bozduğunu göstermektedir.

Detritik yönelim; Cox ve diğ. (1995) tarafından çamurtaşlarında tanımlanan Bileşimsel Değişim İndeksi (ICV-Index of Compositional

Variability) değerleri ile gösterilmiştir. İncelenen metakumtaşlarının ICV değerleri geniş bir aralıkta; Bakırtepe üyesi için 14-46 (ortalama 25) ve Gerez üyesi için 7-11 (ortalama 9) arasında saptanmıştır. İncelenen metakumtaşlarının ICV ortalama değerleri Kratonik Kumtaşları (9-23), Granitler (44-49) ve Felsik Volkanitler (35-48) ile karşılaştırıldığında, Bakırtepe üyesi için kratonik kumtaşları hariç, daha düşük olduğu görülebilir. ICV-K₂O/Al₂O₃ ilişkisi feldispat ve K-fillosilikatların örneklerdeki bolluğuna göre farklı olmakta; diğer bir ifadeyle diyajenetik/metamorfik evrim en çok Gerez, en az Bakırtepe metakumtaşlarını etkilemiş gözükmektedir.

Sedimanter kayaçların Th/U oranları, kaynaktaki yüzeysel bozunma hakkında bazı ipuçları vermektedir. U⁺⁴'ün çözünebilir U⁺⁶'e oksidasyonundan dolayı, yüzeysel bozunma Th/U oranının yükselmesine neden olmaktadır (McLennan ve Taylor, 1991; McLennan ve diğer., 1993). Bununla birlikte, indirgen koşullardaki sedimantasyon sırasında U'un derişimi Th/U oranını düşürecek biçimde değişmektedir. Th/U oranı 3'ten büyük olduğunda çoğunlukla yüzeysel bozunma, 3'ten küçük Th/U oranı ise provens etkisini yansıtır (McLennan ve Taylor, 1991). Aktif kıtasal kenar basenlerinden türeyen güncel çamurlar 1-6 arasında değişen Th/U oranına sahiptir (McLennan ve diğer., 1993). Tipik Üst Kıtasal Kabuk (UCC) kökenli magmatik kayaçlar için 3.5-4.0'den küçük Th/U oranı post-Arkeen türbiditlerinde yaygındır, fakat Arkeen eşdeğerlerinde mevcut değildir (McLennan ve Taylor, 1991). NASC'de Th/U oranı tipik olarak yüksek (4.62) olup, kaynaktaki yüzeysel bozunma sırasındaki U kaybını yansıtır. İncelenen metakumtaşlarının Th/U oranları Bakırtepe üyesi için 3.1-4.9 (ortalama 3.8), Gerez üyesi için 4.5-5.2 (ortalama 4.8) arasında değişmekte olup; kaynaktaki yüzeysel bozunmaya işaret etmektedir.

İncelenen her iki üyeye ait metakumtaşlarının Th/U oranları; ortalama Arkeen-Proterozoyik-Paleozoyik-Mesosenozoyik Bazaltları'ndan (Condie, 1933) oldukça küçük, buna karşın Gerez üyesi daha ziyade LCC-Kratonik Kumtaşları-Felsik Volkanitlere; Bakırtepe üyesi ise UCC-NASC'lere benzerdir.

Kumtaşlarında ağır minerallerin (örneğin; zirkon, monazit, manyetit) zenginleşmesine neden olan sedimanter süreçlerden birisi de sedimanter boylanmadır (Pettijohn ve diğer., 1973). Ağır mineral topluluklarındaki ilişkiler, ana mineraller arasındaki ilişkilere göre sedimanter taşınma süreçlerinden daha az etkilenme eğilimindedir (Örneğin, Morton ve Johnson, 1993). Sedimanların tekrarlanan yeniden çevrimleri bol ağır mineral içeren kumlarda, dolayısıyla bu minerallere bağlı iz elementlerde kuvvetli zenginleşme göstermektedir (Örneğin; McLennan ve diğer., 1993; McLennan, 2001). İncelenen metakumtaşları için Th/Sc oranları Bakırtepe üyesi için 0.7-2.1 (ortalama 1.2) ve Gerez üyesi için 1.2-3.2 (ortalama 2.1); Zr/Sc oranları sırasıyla 12-63 (ortalama 36) ve 47-160 (ortalama 89) arasında değişmektedir. Th ve Zr uyumsuz elementler olup, daha uyumlu bir element olan Sc'a göre bağlı olarak zenginleşmiştir. Ayrıca zirkon eklenmesini, dolayısıyla sedimanter boylanma yönelimine (SST) işaret etmektedir. Diğer bir ifadeyle; sedimanter döngü süreçlerinde Zr/Sc, Th/Sc'daki değişimlerden yaklaşık bağımsız olarak daha fazla artma eğilimindedir. İncelenen metakumtaşlarının (La/Yb)_N oranları Bakırtepe üyesi için 4.3-10.7 (ortalama 7.4), Gerez üyesi için 5.9-10.1 (ortalama 7.1), Eu_N/Eu* (Taylor ve McLennan, 1985) oranları Bakırtepe için 0.75-0.87 (ortalama 0.80), Gerez üyesi için 0.65-0.95 (ortalama 0.75) ve Gd_N/Yb_N oranları Bakırtepe üyesi için 1.15-1.51 (ortalama 1.34) ve Gerez üyesi için 1.69-2.02 (ortalama 1.81) arasında değişmektedir. Eu_N/Eu* ile Gd_N/

Yb_N oranları ve sedimanter boylanma yönelimine (SST) göre; Gerez üyesi metakumtaşları daha yüksek boylanmaya sahiptir.

Kayaçlardaki ferromagneziyen geçiş metallerin (örneğin Fe, Cr, Ni, V) zenginleşmeleri; yüksek Cr/V ve Cr/Ni ve düşük Y/Ni oranlarına sahip ofiyolitik veya mafik ve ultramafik magmatik bir kaynağın bulunmasında bir indikatör olarak alınabilmektedir (Örneğin; Danchin, 1967; Hiscott, 1984; Wrafter ve Graham, 1989; Bock ve diğ., 1998). Cr/V oranları; mafik kaynaklardaki kromitin, yani ofiyolitik provenansın varlığına işaret etmektedir. Bakırtepe üyesi metakumtaşlarının 0.6-1.4 (ortalama 1.1) ve Gerez üyesi metakumtaşlarının 0.6-8.5 (ortalama 2.4) arasında değişen çok düşük Cr/V oranları, ofiyolitik veya ultramafik bir kaynaktan beslenmediğini göstermektedir. Şöyleki mafik/ultramafik provenans için önerilen Cr/Ni oranları 10 veya daha büyüktür (Örneğin Jaques ve diğ., 1983). Y/Ni oranları ferromagneziyen zenginleşmenin bir indeksi olarak felsik kaynağa karşı mafik kaynağın belirteci olmaktadır. Y/Ni oranları Bakırtepe üyesi metakumtaşları için 0.3-0.9 (ortalama 0.6) ve Gerez üyesi metakumtaşları için 0.1-1.0 (ortalama 0.6) arasında değişmekte olup; silisik+felsik bir provenansi düşündürmektedir. Diğer taraftan; inceleme alanı metakumtaşlarının kondrite normalize iz element, özellikle NTE oranları alt ve üst kıtasal kabuktan oldukça farklı ve büyük; buna karşın NASC, Granitler ve Felsik Volkanitlere oldukça, kratonik kumtaşlarına ise kısmen benzerdir. Bu veriler hem sedimanter hem de magmatik bir kaynaktan beslendiğini düşündürmektedir.

Modal mineralojik bileşimleri, metakumtaşlarının Kıtasal Bloku temsil eden geçiş kıtasal ve kraton içi ortamda depolandığını göstermektedir. Ana ve/veya iz element içerikleri ve oranları belirgin farklılıklar içermekle birlikte,

çoğunlukla pasif kenara işaret eden jeotektonik ortamı karakterize etmektedir. Tektonik ortamlarla ilişkili diyagramlar arasındaki farklılıklar; bu tür ayırtman diyagramlarının kullanılmasında ne kadar dikkatli olunması gerektiğini bir defa daha ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak; Bolkardağı Birliği'nin Orta Toroslardaki İsalı formasyonu Gerez üyesi ile Doğu Toroslardaki Kangal formasyonu Bakırtepe üyesi birimleri yaş, stratigrafik konum ve litolojik benzerlikler sunmakla birlikte, kökeni, çökmesi ve diyajenez/metamorfizma tarihçesi açısından önemli farklılıklar içermektedir. Mineralojik-petrografik ve petrokimyasal olarak değerlendirilen bu farklılıklar, her iki birim için geniş ölçekte stratigrafik bir farklılaşmanın varlığını düşündürmektedir. Birimlerdeki bu uyumsuzluklar, kesiksiz bir sedimantasyondan ziyade, olasılıkla Torosların kuzey birlikleriyle ilişkili Variskan orojenezinden (Göncüoğlu ve diğ., 2000; Bozkaya ve Yalçın, 2004b) ileri gelen transgresyonla provensdeki ani değişimlerden kaynaklanabileceği biçiminde değerlendirilmiştir.

EXTENDED SUMMARY

In this study, thin-section petrography, X-ray diffraction (whole rock and clay fraction) and petrochemical (major, trace and REE) analysis have been carried out in the Devonian metasandstones from allochthonous Bolkardağı Unit outcropping in Central and Eastern Taurides (Bozkır-Konya and Kangal-Sivas) regions.

The Gerez member of İsalı formation in Central Taurides and the Bakırtepe member of Kangal formation in Eastern Taurides were made up of metasandstones with slate intercalations. These units bearing metasiliciclastic lithologies and reflecting shallow marine environment have a position of guide level for Bolkardağı Unit.

Metasandstones mainly include quartz (monocrystalline and polycrystalline), feldspar (microcline and plagioclase), phyllosilicate (illite, chlorite, C-V, C-S and dickite) and rock fragments (phyllite and quartzite). Polycrystalline quartz, microcline and phyllitic rock fragments found as higher amounts in the Bakırtepe member, but plagioclase in the Gerez member. The metasandstones are represented by a composition of quartz arenite in the Gerez member, whereas of subarkose in the Bakırtepe member. The metasandstones of Gerez member exhibit less amounts of silica cement, clear orientation fabric and metamorphism and contain C-S and C-V mixed-layered clays as well as chlorite. However, Bakırtepe member has relatively higher amounts of polycrystalline quartz, phyllite fragments and dickite, and lower textural maturity, orientation and metamorphic grade. The Gerez member presents illite + chlorite + C-V ± C-S, but the Bakırtepe member has illite + dickite associations.

Devonian metasandstones have differences such as lithologic (dominance of sand-size siliciclastic rocks) and mineralogic (more feldspar and quartz, appearance of IM illites, different phyllosilicate assemblages) with respect to overlying and underlying units with same age. These mineralogic records indicating a stratigraphic differences result from change of provenance related to transgression causing by the Variscan orogeny rather than an uninterrupted sedimentation.

Metasandstones were characterized by high SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ and K₂O contents, and Bakırtepe member is rich in K₂O but poor in CaO and Na₂O in comparison with those of the Gerez member depending on feldspar types. Chemical alteration index data show that the silicates are

undergone intermediate weathering processes, just as particularly intensive in Bakırtepe member. Incompatible elements and especially the ratios of Th/Sc - Zr/Sc and Eu_N/Eu - Gd_N/Yb_N indicate relatively higher sedimentary sorting trend for metasandstones of the Gerez member. Major oxide and trace element abundances, Al₂O₃-major oxides and Al₂O₃-trace elements variations reveal detrital trend, indirectly evolution of metasandstones. The compositional variation index values are high in Bakırtepe member and diagenetic/metamorphic evolution affect mostly the metasandstones of the Gerez member, but less in the Bakırtepe member on the evaluation together with K₂O/Al₂O₃ ratios. Bakırtepe and Gerez members are separated from one another and fed largely from both sedimentary and magmatic sources according to the ratios of chondrite-normalized trace elements and especially REE in the metasandstones. The ratios of Cr/V and Y/Ni of metasandstones indicate that they are fed dominantly from a silicic and/or felsic plutonic source rather than ophiolitic or ultramafic sources. Modal mineralogic composition of metasandstones shows a craton-continental transition depositional environment representing the Continental Block.*

As a conclusion; Gerez member of İsalı formation from Bolkardağı Unit in Central Taurides and Bakırtepe member of Kangal formation in Eastern Taurides have the same age and similar stratigraphic setting and lithologies, however some important differences with respect to their sources, sedimentations and diagenetic/metamorphic histories. These differences were evaluated as sudden changes in provenance through transgression related to Variscan orogeny peculiar to northern units of Taurides rather than continuous sedimentation.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı tarafından M-300 nolu Yüksek Lisans Projesi olarak desteklenmiştir. XRD çalışmalarının gerçekleştirilmesinde Mineraloji-Petrografi ve Jeokimya Araştırma Laboratuvarları (MİPJAL) elemanı Kimya Yüksek Mühendisi Fatma YALÇIN (C.Ü.), ince kesitlerin yapılmasında Tekniker Ufuk KUŞ, laboratuvar çalışmaları ve mikroskop incelemelerinde Jeoloji Yüksek Mühendisi Müslüm KODAL yardımlarda bulunmuştur. Makalenin son şeklini almasındaki titiz önerileri için Prof. Dr. Mehmet ARSLAN ve Prof. Dr. Hulusi KARGI'ya teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Bhatia, M.R., 1983. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones. *Journal of Geology*, 91, 611-627.
- Bhatia M.R., Crook, A.W., 1986. Trace element characteristics of greywackes and tectonic discrimination of sedimentary basins. *Contributions to Mineralogical Petrology*, 92, 181-192.
- Bock, B., McLennan, S.M., Hanson, G.N., 1998. The geochemistry and provenance of The Middle Ordovician Austin Glen Member (Normanskill Formation) and the Taconian Orogeny in New England. *Sedimentology*, 45, 635-655.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 1997. Bolkardağı Birliği (Orta Toroslar, Bozkır-Konya) Üst Paleozoyik-Alt Mesozoyik yaşlı diyajenetik-çok düşük dereceli metamorfik kayaların mineralojisi ve petrografisi. *H.Ü. Yerbilimleri, Baysal Batman Özel Sayısı* 19, 17-40.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2000. Very low-grade metamorphism of Upper Paleozoic-Lower Mesozoic sedimentary rocks related to sedimentary burial and thrusting in Central Taurus Belt, Konya, Turkey. *International Geology Review*, 42, 353-367.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2004. Diagenetic to low-grade metamorphic evolution of clay mineral assemblages in Paleozoic to early Mesozoic rocks of Eastern Taurides, Turkey. *Clay Minerals*, 39, 481-500.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., Göncüoğlu, M.C., 2002. Mineralogic and organic responses to the stratigraphic irregularities: An example from the Lower Paleozoic very low-grade metamorphic units of the Eastern Taurus Atochton, Turkey. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 82, 355-373.
- Bozkaya, Ö., Gürsu, S., Göncüoğlu, M.C., 2006. Textural and mineralogical evidence for a Cadomian tectonothermal event in the eastern Mediterranean (Sandıklı-Afyon area, western Taurides, Turkey). *Gondwana Research*, 10, 301-315.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., Kozlu, H., 2011. Clay mineralogy of the Paleozoic-Lower Mesozoic sedimentary sequence from the northern part of the Arabian Platform, Hazro (Diyarbakır), Southeast Anatolia. *Geologica Carpathica*, 62, 489-500.
- Condie, K.C., 1993. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: Contrasting results from surface samples and shales. *Chemical Geology*, 104, 1-37.
- Cox, R., Lowe, D.R., Cullers, R.L., 1995. The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59, 2919-2940.
- Craig, J. Fitches, W.R., Maltman, A.J., 1982. Chlorite-mica stacks in low-strain rocks from Central Wales. *Geological Magazine*, 119, 243-256.
- Danchin, R.V., 1967. Chromium and nickel in the Fig Tree Shale from South Africa. *Science*, 158, 261-262.
- Dickinson, W.R., Suczek, C., 1979. Plate tectonics and sandstone composition. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 63, 2164-2182.
- Dickinson, W.R., Beard, L.S., Brakenridge, G.R., Erjavec, J.L., Ferguson, R.C., Inman, K.F., Knepp, R.A., Lindberg, F.A., Ryberg, P.T., 1983. Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. *Geological Society of American Bulletin*, 94, 222-235.
- Fedo, C.M. Nesbitt, H.W., Young, G.M., 1995. Unravelling the effects of potassium metamorphism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance and tectonic setting. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54, 1061-1081.
- Folk, R.L., 1974. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Press, second edition, Austin, TX 182 p.
- Göncüoğlu, M.C., Dirik, K., Kozlu, H., 1997. General characteristics of pre-Alpine and Alpine terranes in Turkey: Explanatory notes to the terrane map of Turkey. *Annales Géologique Pays Hellénique*, 37, 515-536.
- Göncüoğlu M.C., Turhan N., Şentürk K., Özcan A., Uysal Ş., Yalın M.K., 2000. A geotraverse across northwestern Turkey: Tectonic units of the Central Sakarya region and their tectonic evolution. Pp: 139-161 In: *Tectonics and*

- Magmatism in Turkey and the Surrounding Area (Eds. E. Bozkurt, J.A. Winchester, J.D.A. Piper). Geological Society, London, Special Publications, 173, London.
- Gromet, L.P., Dymek, R.F., Haskin, L.A., Korotev, R.F., 1984. The "North American shale composite": Its compilation, major and trace element characteristics. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 2469-2482.
- Gutnic, M., Kelter D., Monod O., 1968. Decouverte de nappes decharriage dans le Nord du Taurus Occidental (Turquie meridiona-203-206. le). *Ç.R. Acad. Sc. Paris, D.* 266, 988-991
- Gutnic, M., Monod O., Poisson, A., Dumant, J.F., 1979. *Geologie des Taurides Occidentales (Turquie)*. Mem. Sos. Geol. De France, no:137, Paris tome. 85, 109 p.
- Gültekin, A.S., 1993. Alacahan-Çetinkaya-Divriği (Sivas) arasında kalan alanın jeolojisi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bil. Enst., 183 s (yayınlanmamış).
- Harnois, L., 1988. The CIW index: A new chemical index of weathering. *Sedimentary Geology*, 55, 319-322.
- Haskin, L.A., Haskin, M.A., Frey, F.A., Wildeman, T.R., 1968. Relative and absolute terrestrial abundances of the rare earths. In: *Origin and Distribution of the Elements*, (Ed. L.H. Ahrens), Pergamon Pres, 889-912.
- Herron, M.M., 1988. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *Journal of Sedimentary Research*, 58, 820-829.
- Hiscott, R.N., 1984. Ophiolitic source rocks for Taconic-age flysch: Trace element evidence. *Geological Society of America Bulletin*, 95, 1261-1267.
- Jaques, A.L. Chappell, B.W., Taylor, S.R., 1983. Geochemistry of cumulus peridotites and gabbros from the Marum Ophiolite Complex, northern Papua New Guinea. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 82, 154-164.
- Krinsley, D.H., Pye, K., Kearsley, A.T., 1983. Application of backscattered electron microscopy in shale petrology. *Geological Magazine*, 120, 109-114.
- McLennan, S.M., 2001. Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 2, 109 p.
- McLennan, S.M., Murray, R.W., 1999. Geochemistry of sediments. In: *Encyclopedia of Geochemistry*, (Eds. C.P. Marshall, R.W. Fairbridge) Kluwer Academic Publishers, 282-292.
- McLennan, S.M., Taylor, S.R., 1991. Sedimentary rocks and crustal evolution: Tectonic setting and secular trends. *Journal of Geology*, 99, 1-21.
- McLennan, S.M., Hemming, S., McDaniel, D.K., Hanson, G.N., 1993. Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics. In: *Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments* (Eds. M.J. Johnsson, A. Basu), Geological Society of America Bulletin, Spec. Pap. 284, 21-40.
- McLennan, S.M., Bock, B., Hemming, S.R., Hurowitz, J.A., Lev, S.M., McDaniel, D.K. 2003. The roles of provenance and sedimentary processes in the geochemistry of sedimentary rocks. In: *Geochemistry of Sediments and Sedimentary Rocks: Evolutionary Considerations to Mineral Deposit-Forming Environments*, (Ed. D.R. Lentz), Geological Association of Canada, GeoText, 4, 7-38.
- Merriman, R.J., 2005. Clay minerals and sedimentary basin history. *European Journal of Mineralogy*, 17, 7-20.
- Merriman, R.J., Frey, M., 1999. Patterns of very low-grade metamorphism in metapelitic rocks. In: *Low-Grade Metamorphism*, (Eds. M. Frey, D. Robinson), Blackwell Science, 61-107.
- Monod, O. 1977. *Recherces Geologiques dans le Taurus Occidental au sud de Beysehir (Turquie)*. These d'etat, l'Univ. de Paris sud., centre d'Orsay, 442 p.
- Nesbitt, H.W., Young, G.M., 1984. Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 1523-1534.
- Nesbitt, H.W., Young, G.M., McLennan, S.M., Keays, R.R., 1996. Effects of chemical weathering and sorting on the petrogenesis of siliciclastic sediments with implications for provenance studies. *Journal of Geology*. 104, 525-542.
- Nockolds, S.R., 1954. Average chemical compositions of some igneous rocks. *Geological Society of America Bulletin*, 65, 1007-1032.
- Özçelik, O., 1984. Toroslar'da Bozkır yöresinin Jeolojisi, tektonik evrimi ve petrol olanakları. Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Doktora tezi, 221 s.
- Özçelik, O., 1985. An example for the ophiolitic melange in Taurus; The Sülek Complex: C.Ü. Müh. Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri, 1, 53-62.
- Özgül, N., 1971. Orta Torosların kuzey kesiminin yapısal gelişiminde blok hareketlerinin önemi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 14, 85-101.
- Özgül, N., 1976. Torosların bazı temel jeolojik özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 19, 65-78.
- Özgül, N., 1983. Stratigraphy and tectonic evolution of the Central Taurides. In: *Geology of the Taurus Belt*, (Eds. O. Tekeli, M.C. Göncüoğlu), Int. Sym., 26-29 Sept., 1983, Ankara, Turkey, p. 77-90.
- Pettijohn, F.J., 1975. *Sedimentary Rocks*. Harper and Row, New York, 628 p.

- Pettijohn, F.J., Potter, P.E., Siever, R., 1972. Sand and Sandstone. Wiley, New York, 618 p
- Roser, B.P., Korsch, R.J., 1986. Determination of tectonic setting of sandstone–mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio. *Journal of Geology*, 94, 635-650.
- Roser, B.P., Korsch, R.J., 1988. Provenance signatures of sandstone mudstone suites determined using discriminant function analysis of major element data. *Chemical Geology*, 67, 119-139.
- Sun, S.S., McDonough W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts; implications for mantle composition and processes. In: *Magmatism in Ocean Basins* (Eds. A.D. Saunders, M.J. Norry.), Geological Society Special Publication 42, 359-362.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey, a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Taylor, S. R., McLennan, S. M., 1981. The composition and evolution of the continental crust: rare earth element evidence from sedimentary rocks. *Phil.Trans. R. Soc. London, Set. A.*, 301, 381-399.
- Taylor, S.R., McLennan, S.M., 1985. *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*. Geoscience Texts, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 312 p.
- Tetiker, S., Yalçın, H., 2010. Karakaya Karmaşığı Birimlerinin (KB ve Orta-KD Anadolu) tektonik konumuna (meta-) kumtaşları petrografisi ve jeokimyası ile bir yaklaşım. 45. Yıl Jeoloji Sempozyumu, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Bildiri Özleri, s. 18-20.
- Voll, G., 1960. New work on petrofabrics. *Liverpool and Manchester Geological Journal*, 2, 503-567.
- Wrafter, J.P., Graham, J.R., 1989. Ophiolitic detritus in the Ordovician sediments of South Mayo, Ireland. *Journal of the Geological Society of London*, 146, 213-215
- Yalçın, H., Bozkaya, Ö., 1997. Kangal-Alacahan yöresi (Sivas) Üst Paleozoyik yaşlı meta-sedimanter kayalarda gömülme ve bindirme ile ilişkili çok düşük dereceli metamorfizma. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 40, 1-16.
- Yalçın, H., Bozkaya, Ö., 2002. Hekimhan (Malatya) çevresindeki Üst Kretase yaşlı volkaniklerin alterasyon mineralojisi ve jeokimyası: Denizsuyu-kayaç etkileşimine bir örnek. *C.Ü. Müh. Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri*, 19, 81-98.

Makale Geliş Tarihi : 4 Haziran 2013
Kabul Tarihi : 5 Temmuz 2013

Received : 4 June 2013
Accepted : 5 July 2013